

ECOLE NORMALE SUPERIEURE
AGRONOMIQUE DE RENNES
(E.N.S.A.)

UNIVERSITE DE RENNES I
U.E.R. SCIENCES DE LA VIE
ET DE L'ENVIRONNEMENT
(D.E.A. D'AGRONOMIE)

VALEUR ALIMENTAIRE DES
ISSUES DE RIZ DISTRIBUEES
AUX ANIMAUX DOMESTIQUES

MEMOIRE DE D.E.A. - 1989

Budi Prasetyo WIDYOBROTO

I.E.M.V.T. - C.I.R.A.D.
Service d'Alimentation
10, rue Pierre Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Septembre 1989



RESUME

La valeur nutritive des sous-produits du riz dépend des matériels et des techniques de décortilage et de blanchiment.

Le dosage des cendres, de la cellulose brute, des matières grasses et des matières azotées permet de classer les issues de riz en fonction de leur qualité et de donner une estimation de leur valeur énergétique. Toutefois celle-ci peut être précisée grâce à des analyses plus fines des constituants pariétaux, des matières azotées et des mesures de dégradabilité enzymatique.

Le taux de balles peut être déterminé en dehors du laboratoire et permet aussi d'approcher la valeur nutritive sans effectuer d'analyses chimiques.

Les résultats doivent être précisés par des mesures sur animaux.

Mots-clefs : RIZ ; SOUS-PRODUIT ; ANALYSE CHIMIQUE ;
DEGRADABILITE ENZYMATIQUE ; VALEUR NUTRITIVE
RUMINANT ; VOLAILLE ; PORC



REMERCIEMENTS

Ce travail a été mené sous la direction générale de Monsieur le Professeur P. JEGO et Monsieur le Professeur C.M. MATHIEU, responsable de l'Unité d'Enseignement et de Recherches (U.E.R.) sciences de la vie et de l'environnement - Université de Rennes I et Ecole Normale Supérieure Agronomique de Rennes. Qu'ils reçoivent mes sincères remerciements.

Le stage pratique s'est déroulé au Laboratoire d'Alimentation - Nutrition de l'Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux (I.E.M.V.T.). Une partie a été réalisée au CEEMAT-CIRAD de Montpellier et à la Société de France-Riz à Arles.

Je tiens à exprimer tous mes remerciements à Monsieur G. TACHER, Directeur de l'IEMVT et Messieurs N. CHABEUF, J. GRUVEL qui ont bien voulu m'accepter à l'Institut.

Je tiens à remercier très sincèrement Monsieur H. GUERIN qui m'a prodigué ses précieux conseils durant ce stage.

J'adresse également tous mes remerciements au personnel du Laboratoire d'Alimentation - Nutrition de l'IEMVT pour leur coopération et leur compréhension :

Mesdames D. BERDON, G. BERNARD, V. SABROUX
Messieurs A. DUCHE, M. EL DJENDOUBI, P. LEFEVRE

Que Mesdames A. MATON, A. THIOUX et tout le personnel du Secrétariat Général de l'IEMVT reçoivent ici tous mes remerciements pour avoir assuré la dactylographie et la présentation de ce rapport.

Je remercie tout particulièrement :

Monsieur H. GILLET, du Laboratoire d'Ethno-Botanique du Muséum National d'Histoire Naturelle,

Monsieur D. RICHARD, qui m'a envoyé des échantillons d'issues de riz sénégalais,

Messieurs CRUZ et TROUDE, qui ont bien voulu m'accepter au CEEMAT-CIRAD de Montpellier.

Monsieur J. MOREAU, Directeur de FRANCE-RIZ à Arles qui m'a accueilli dans sa Société.

Enfin je remercie tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.



SOMMAIRE

Introduction	7
<u>Première partie : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
<u>Chapitre I : METHODES D'ETUDE DE LA COMPOSITION ET DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DES ALIMENTS CONCENTRES DESTINES AUX ANIMAUX DOMESTIQUES, EN PARTICULIER DES ISSUES DE RIZ</u>	
I.1. Monogastriques	13
I.1.1. Analyse chimique	13
I.1.1.1. Cendres et minéraux	13
I.1.1.2. Constituants pariétaux	13
I.1.1.3. Glucides cytoplasmiques	14
I.1.1.4. Matières grasses	14
I.1.1.5. Constituants azotés	15
I.1.2. Estimation de la valeur énergétique	15
I.1.2.1. Mesure et estimation de la teneur en énergie brute	15
I.1.2.2. Mesure et estimation de la teneur en énergie métabolisable pour les volailles	16
I.1.2.3. Mesure et estimation de la teneur en énergie digestible pour les porcs	18
I.1.3. Digestibilité des acides aminés	19
I.1.4. Digestibilité du phosphore	21
I.2. Ruminants	21
I.2.1. Analyses chimiques complémentaires	21
I.2.2. Dégradabilité in vitro, in situ et enzymatique de la matière organique et des matières azotées	22
I.2.3. Estimation de la valeur énergétique	23
I.2.3.1. Mesure ou estimation de la digestibilité	23
I.2.3.2. Estimation de la teneur en énergie nette et expression de celle-ci en UFL et UFV	26
I.2.4. Estimation de la valeur azotée	28
I.2.4.1. Rappels sur la digestion des matières azotées chez les ruminants et sur les méthodes d'études	28
I.2.4.2. Principe de système des PDI et méthode de calcul des valeurs PDIA, PDIN, PDIE	30

../...

Chapitre V : DISCUSSION ET CONCLUSIONS

V.1. Echantillonnage.....	95
V.2. Variabilité de la valeur nutritive des issues de riz.....	96
V.3. Prévision de la valeur nutritive des issues de riz	97
V.4. Exemples de résultats d'essais d'alimentation avec des issues de riz	99
V.4.1. Porcs	99
V.4.2. Volailles	100
V.4.3. Ruminants	100
CONCLUSION GENERALE	103
BIBLIOGRAPHIE	107
ANNEXES	

INTRODUCTION

Le riz est la principale céréale dans la plupart des pays tropicaux. Il constitue pour certains pays la base de l'alimentation humaine, notamment en Asie du Sud-Est.

La transformation du riz paddy en riz blanc constitue une source importante de sous-produits pour l'alimentation des animaux domestiques. Dans certaines régions tropicales, il est possible de trouver facilement ces sous-produits tout au long de l'année.

En général, les sous-produits d'usinage du riz ne sont pas bien séparés, ce qui pose souvent des problèmes de dénomination. Ils se caractérisent par la variabilité de leurs valeurs nutritives, ce qui rend difficile le calcul de rations équilibrées.

L'étude approfondie de plusieurs centaines d'échantillons d'origine tropicale a donc été menée au laboratoire. L'objectif était de préciser les variations de leurs compositions et de leurs valeurs énergétiques et azotées déduites de diverses méthodes de prévision de la valeur nutritive.

Dans ce rapport, on abordera dans un premier temps la méthode d'étude de la composition et de la valeur nutritive des aliments concentrés destinés aux animaux domestiques ; ensuite on s'intéressera aux technologies des issues de riz et aux facteurs de variation de leur valeur alimentaire. Enfin, on présentera les estimations des valeurs alimentaires des issues de riz pour les ruminants et les monogastriques à partir des analyses de laboratoire.

PREMIERE PARTIE
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

**METHODES D'ETUDE DE LA COMPOSITION ET DE LA VALEUR
ALIMENTAIRE DES ALIMENTS CONCENTRES DESTINES AUX ANIMAUX
DOMESTIQUES, EN PARTICULIER DES ISSUES DE RIZ**

I.1. MONOGASTRIQUES

I.1.1. Analyse chimique

L'analyse chimique est considérée comme la première étape d'évaluation de la valeur nutritive potentielle des aliments (Waldroup, 1982). Les résultats de cette étape permettent de calculer des rations approchant les besoins des animaux domestiques.

Les principales analyses chimiques effectuées pour estimer la valeur nutritive des aliments sont les suivantes.

I.1.1.1. Cendres et minéraux

Les analyses des cendres et minéraux sont indispensables notamment celles des éléments majeurs (calcium, phosphore). La teneur en cendres permet de calculer celle en matière organique. Pour les sous-produits agricoles, la détermination du phosphore phytique est importante (Waldroup, 1982) car il représente couramment 60 à 70 p.100 du phosphore total et n'est pas du tout utilisé par les volailles.

I.1.1.2. Constituants pariétaux

La teneur en constituants pariétaux est le principal facteur de variation de la digestibilité des aliments. De nombreux travaux visent à mettre au point les méthodes de dosage permettant la meilleure prévision de la valeur nutritive. Ils peuvent être caractérisés par la cellulose brute (CB) de Weende, le système de Van Soest, les résidus fibreux enzymatiques ou les parois insolubles dans l'eau (Carré et Brioullet, 1986).

Janssen et Carré (1985) proposent par exemple deux formules de prévision de la digestibilité des protéines et de l'extractif non azoté (ENA) à partir de la teneur en cellulose brute de neuf échantillons d'issues de riz analysées :

Digestibilité des protéines (p. 100) :

$80,6 - 1,59 \text{ cellulose brute (p.100 de matière sèche)}$

Digestibilité de l'ENA (p.100) :

$99,7 - 3,71 \text{ cellulose brute (p.100 de matière sèche)}$.

D'autres résultats montrent que la digestibilité apparente chez les volailles des matières azotées totales (MAT) et de l'extractif non azoté (ENA) de la farine basse de riz dépend beaucoup de la proportion de balle, soit des teneurs en constituants pariétaux.

	Teneur en CB p.100 MS	Digestibilité p.100		
		MAT	MG	ENA
Farine basse (3 p.100 balle)	6	70	87	75
Farine basse (3-10 p.100 balle)	11	66	87	60

Source : Janssen (1988).

I.1.1.3. Glucides cytoplasmiques

La composition glucidique des aliments concentrés est généralement mal connue, ceci est dû à la grande diversité des matières premières utilisées (Thivend, 1981). Une meilleure connaissance des différents glucides des aliments concentrés est nécessaire pour améliorer l'estimation de leur valeur énergétique.

Les céréales se caractérisent par leur richesse en amidon et leur faible teneur en cellulose et lignine, ce qui n'est pas le cas des sous-produits au riz notamment du son. Les teneurs en amidon et en sucre jouent un grand rôle dans les équations de prédiction de la valeur énergétique (Leclercq, 1984 ; Janssen, 1988).

Ces auteurs soulignent que les écarts-types résiduels des équations récentes utilisant les teneurs en amidon et sucres sont plus faibles que ceux des relations antérieures ne faisant appel qu'aux analyses simples (51 kcal EM/kg au lieu de 193 kcal EM/kg ; Leclercq, 1984 ; Sibbald, 1963).

I.1.1.4. Matières grasses

Le dosage des matières grasses (extrait étheré) fait partie des analyses de base servant à l'estimation de la valeur nutritive d'un aliment. Si la teneur en matière grasse est supérieure à 10 p.100, la détermination des acides gras est indispensable (Waldroup, 1982). Les matières grasses des

céréales renferment généralement une proportion assez élevée d'acides gras essentiels (acides linoléique et linolénique).

Les matières grasses alimentaires sont une source énergétique intéressante puisqu'à poids égal, elles contiennent 2,25 fois plus d'énergie brute que les glucides (Morand-Fehr, 1981).

La teneur en matière grasse est donc indispensable à l'établissement d'une équation de prédiction de l'énergie métabolisable (Carpentier et Cleg, 1956 ; Sibbald et al., 1963 ; Bolton, 1967 ; Hartel, 1977 ; Sibbald et al., 1980 ; Beekbergen, 1982 ; Fisher, 1982 ; Leclercq et al., 1984).

Le son de riz est riche en matières grasses (MG) qui, d'un point de vue zootechnique, jouent un rôle important dans l'appétibilité d'un aliment concentré. En revanche, elles peuvent subir des transformations (oxydation, hydrolyse) modifiant les caractéristiques organoleptiques des aliments et abaissant leur appétibilité.

I.1.1.5. Constituants azotés

Une des principales caractéristiques des issues de riz est la grande variabilité de leur teneur en matière azotée totale (MAT), comprise entre 2,7 et 15,8 p.100 de la matière sèche (MS) (Hartadi et al., 1986, Harris et al., 1982 ; INRA, 1988) suivant leur origine anatomique et histologique. Cependant, il existe également une variabilité importante à l'intérieur d'une même catégorie de sous-produits, car il est difficile de les trouver purs.

Le dosage de l'azote total est une méthode simple, mais elle ne permet pas de distinguer les différents constituants azotés (acides aminés, azote fermentescible etc.).

La protéine de riz se caractérise par sa richesse en arginine (Saxena et al., 1968), mais les teneurs en lysine, en méthionine et en thréonine seraient limitantes (Prawirokusumo et al., 1977).

I.1.2. Estimation de la valeur énergétique

I.1.2.1. Mesure et estimation de la teneur en énergie brute

L'énergie brute est la quantité de chaleur (exprimée en calories ou en Kcal) dégagée au cours de la combustion d'un gramme de produit, sous pression d'oxygène, dans un calorimètre. Elle dépend de la composition chimique du produit, notamment de sa teneur en matière organique et en matière grasse.

En l'absence de mesure directe, on peut utiliser l'équation de Schiemann et al. (1971) pour calculer la valeur de l'énergie brute (en Kcal/kg MS) à partir de la composition chimique :

EB : $57,2 \text{ PB} + 95,0 \text{ MG} + 47,9 \text{ CB} + 41,7 \text{ ENA} + \text{delta i.}$

MAT : matière azotée totale en p.100 MS

MG : matière grasse en p.100 MS

CB : cellulose brute en p.100 MS

ENA : extractif non azoté en p.100 MS

Delta i : facteur de correction pour certaines matières premières.

I.1.2.2. Mesure et estimation de la teneur en énergie métabolisable pour les volailles

Pour les volailles, l'énergie métabolisable (EM) est la valeur énergétique la plus couramment employée. Elle s'exprime en Kcal/kg ou MJ/kg. L'énergie métabolisable (EM) peut être déterminée expérimentalement en mesurant à la bombe calorimétrique la chaleur de combustion de l'ingéré et des excréments (fèces et urines) d'une volaille ayant consommé un aliment déterminé (annexe 1).

Energie métabolisable = énergie brute - énergie (fèces + urines).
apparente

Quelques méthodes de mesures de l'énergie métabolisable font l'objet de travaux actuellement.

Sibbald (1982) cité par Picard et al. (1985) recommande une méthode de gavage utilisant les matières premières pures. Cette méthode permet d'éviter les problèmes de gaspillage d'aliments et d'ingestion. Picard et al. (1985) signalent également que la perte d'aliments est le point critique pendant l'expérimentation.

Une méthode d'expérimentation a été proposée par Picard et al. (1985). Elle comprend une identification des régimes étudiés, l'analyse chimique et la mesure de l'énergie des échantillons et des fèces et le calcul de la valeur de l'énergie métabolisable apparente (EMA), de l'énergie métabolisable apparente corrigée (EMAN) par la rétention azotée et de l'énergie métabolisable vraie (EMV) corrigée par une estimation de l'excrétion d'azote endogène (annexe 1). Campbell (1983) propose la détermination directe de la teneur en

énergie brute (EB) dans les matières premières plutôt que dans les rations de base.

En l'absence de mesure directe, l'énergie métabolisable (EM) peut être estimée par des équations de régression faisant appel à l'analyse chimique.

Janssen et al. (1979) in Janssen et Carré (1985) proposent de déterminer la valeur de l'énergie métabolisable apparente (EMA) des issues de riz par l'équation suivante :

$$EMA = 19,91 - 0,371 PB - 0,534 CB + 0,218 MG$$

EMA en MJ/kg MS, PB, CB et MG (p.100 de MS).

Ces auteurs ont également calculé une relation entre l'énergie métabolisable et la teneur en cellulose brute des issues de riz :

	r	etr
EM (MJ/Kg MS) = 19,92 - 0,71 CB	0,94	1,55

mais elle est moins précise que pour les autres issues de céréales (etr = 0,25 pour les issues de blé ; etr = 0,42 pour les issues d'orge) en raison de la forte variabilité de la teneur en matières grasses (MG) des issues de riz. La teneur en énergie brute (EB) et donc en énergie métabolisable (EM) est en effet fortement influencée par la teneur en lipides.

Sibbald et al., 1980, ont établi une équation générale pour les aliments composés :

$$EMV = 3,95 + 0,0544 MG - 0,0887 CB - 0,0408 MM.$$

MG ; CB et MM en p.100 MS.

D'autres équations font appel au dosage de l'amidon et des sucres ; Beekbergen cité par Leclercq (1984) établit l'équation suivante pour les aliments composés :

$$\text{Coq : EMAN} = 86,8 MG + 40,4 PB + 45,0 A + 59,8 S ;$$

$$\text{Poulets : EMAN} = 61,2 MG + 41,4 PB + 38,0 A + 27,3 S$$

A = Amidon S = Sucre.

Carré (1985) a observé que le résidu obtenu après dégradation enzymatique des parois est le plus efficace pour déterminer la valeur de l'EMAN. Une équation faisant appel à ce dosage, est en cours de normalisation expérimentale par l'AFNOR (1989).

$$\text{EMAn} = 0,9362 \text{ EB} - 15,38 \text{ PB} - 25,16 \text{ PAR}^{1.2}$$

EB : Energie brute

PB : Protéine brute

PAR: Parois végétales insolubles dans l'eau.

L'équation ci-dessus est applicable à des régimes complets pour volailles dont l'EMAn est comprise entre 2 600 et 4 000 kcal/kg de MS et dont les teneurs en parois sont comprises entre 9 p.100 et 25 p.100 MS.

En ce qui concerne les sous-produits des céréales, ils sont peu étudiés par cette méthode. C'est le cas en particulier des issues de riz sur lesquelles aucune expérimentation n'a été réalisée. L'équation de prédiction de la teneur en EM du son de blé a été établie à partir de six échantillons (Carré, 1988).

$$\text{EM} = 3\,887 - 51,6 \text{ Ce} - 37,5 \text{ PAR.}$$

$$\text{EM en kcal/kg MS} \quad R = 0,970 \quad \text{ETR} = 56 \text{ kcal.}$$

PAR = Parois végétales insolubles dans l'eau.

Carré (1985) signale que le critère "parois" a l'avantage d'être valable pour tous les aliments et donc de pouvoir servir à des prévisions étendues à un large spectre de matières premières.

I.1.2.3. Mesure et estimation de la teneur en énergie digestible pour les porcs

Le coefficient d'utilisation digestive apparent de l'énergie (CUDE) peut être déterminé, d'une façon globale au cours d'essais de digestibilité, à partir des contenus en énergie brute des ingesta et des excréta fécaux.

Henry et Perez (1982) signalent que le système d'énergie digestible est simple. Les systèmes basés sur l'énergie métabolisable et l'énergie nette doivent s'appuyer sur des résultats expérimentaux encore insuffisants et difficiles à obtenir. Toutefois, on peut transformer l'énergie digestible en l'énergie métabolisable à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{ME/ED} \times 100 = 100 - 1 - 0,07 \text{ MAD/ED.}$$

EM et ED en Mcal/kg MS

1 : perte de gaz

MAD : matières azotées digestibles ($N \times 6,25$ en g/kg)

0,07 : coefficient correspondant à une rétention azotée de 50 p.100 et à une perte de 9 kcal par gramme d'azote urinaire.

Cependant la validité de l'équation ci-dessus doit être vérifiée pour les sous-produits des céréales et les autres matières premières riches en fibres.

La prédiction de la valeur énergétique en fonction des paramètres de composition ou à partir des éléments digestibles repose sur le mode de fractionnement selon Weende.

Ainsi Schieman et al. (1971) in Henry et Perez (1982) proposent pour estimer l'énergie digestible pour le porc l'équation suivante :

$$ED \text{ (kcal/kg)} = 5,78 \text{ MAD} + 9,42 \text{ MGD} + 4,40 \text{ CBD} + 4,07 \text{ ENAD}$$

ED : énergie digestible (Kcal/kg)

MAD : matière azotée digestible (p.100)

MGD : matière grasse digestible "

CBD : cellulose brute digestible "

ENAD : extractif non azoté digestible "

Cette équation nécessite une estimation ou une mesure de la digestibilité des nutriments.

Henry et Perez (1983) proposent d'autres équations de prévision de l'énergie en reliant le CUD de l'énergie des aliments complets à leurs teneurs en constituants pariétaux déterminées par la méthode de Van Soest :

$$\text{CUDE (p.100)} = 96,3 - 1,39 \text{ ADF} - 0,56 (\text{NDF} - \text{ADF}).$$

ADF : acid détergent fibre en p.100 MS

NDF : neutral détergent fibre en p.100 MS.

Il faut préciser que pour les issues de riz, il n'existe pas encore d'équation spécifique de prévision de l'énergie digestible à partir des caractéristiques chimiques.

I.1.3. Digestibilité des acides aminés

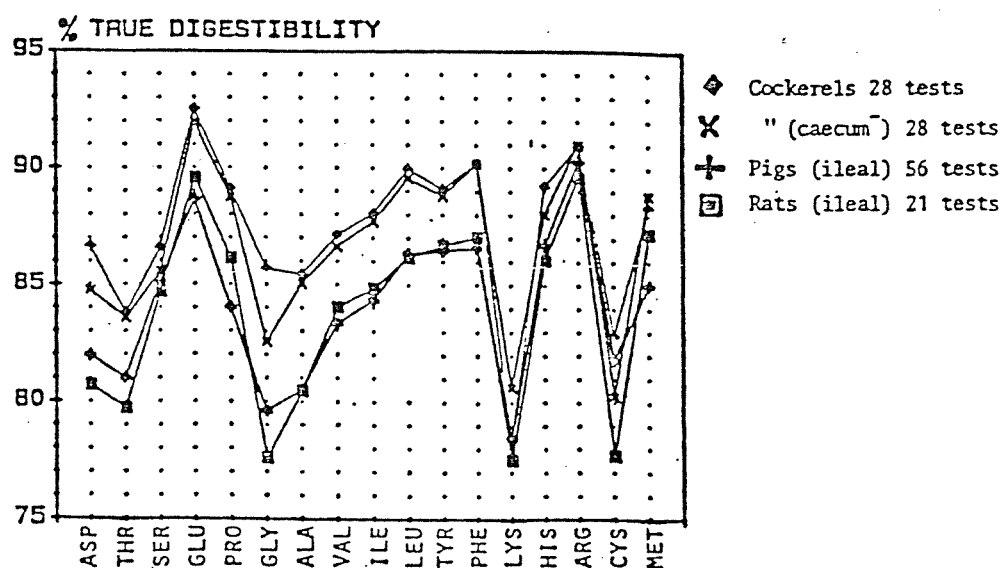
La valeur biologique des protéines dépend principalement de leur composition en acides aminés et de leur digestibilité qui sont donc les premières mesures à entreprendre (Henry et al., 1982).

Picard et al. (1985) rapportent que la digestibilité des acides aminés (AA) est la meilleure estimation de la qualité des protéines par les monogastriques. Les méthodes de mesure de la disponibilité en acides aminés (AA) ont été classées en deux groupes :

- la méthode chimique consiste en une détermination directe dans la matière première à l'aide d'un réactif (fluorodinitrobenzène). Elle convient pour la détermination de la lysine disponible dans les protéines d'origine animale (Carpentier, 1960 in Zebrowska, 1978). Elle est utilisable pour les protéines végétales mais non applicable aux matières premières riches en glucides ;

- la méthode *in vivo*. Picard et al. (1985) proposent un processus simplifié pour mesurer la digestibilité des acides aminés, processus basé sur les résultats préliminaires obtenus à l'AEC sur 300 tests de digestibilité : ils observent que les digestibilités des acides aminés (AA) sont relativement semblables pour les quatre espèces étudiées (porcs, rats, coqs intacts et coqs caectomisés). La méthode consiste à réaliser un test de digestibilité en utilisant les coqs intacts (après élimination de l'acide urique contenu dans les excréta par la technique de Terpstra et al., 1974). Le calcul des résultats fait appel à la composition en acides aminés (AA) de la matière première et à la composition moyenne du jus iléal. La méthode ci-dessus est utilisable pour les sous-produits agricoles mais, jusqu'à présent, on ne l'a pas encore appliquée aux issues de riz.

Figure 1.1. Digestibilité vraie des acides aminés (AA) de 7 matières azotées



Source : PICARD et al (1985)

I.1.4. Digestibilité du phosphore

Dans les matières premières d'origine végétale, telles que les issues de céréales, le phosphore n'est que partiellement disponible : 60 à 70 p.100 du phosphore des graines est sous forme phytique et, dans le son de riz, ce taux atteindrait 90 p.100 (Sing, 1987). Le phosphore phytique n'est que partiellement utilisé par les porcs et pas du tout par les oiseaux, ce qui pose des problèmes de rationnement.

L'INRA (1984) signale que l'utilisation du phosphore phytique varie en fonction :

- de la forme chimique : les phytates de calcium et la phytine (phytate mixte de Ca, Mg, K) sont mal utilisés parce que peu solubles ;

- de la présence et de l'activité des phytates : le blé et l'orge contiennent souvent des phytates beaucoup plus actives que celles du maïs ou du sorgho.

Pour l'alimentation des porcs, le CUDr reflète l'efficacité globale de l'absorption intestinale. Il intègre donc la digestibilité de l'élément et son absorption. Il semble que la capacité d'absorption de l'animal soit souvent le premier facteur limitant de l'utilisation de phosphore, sans prendre en compte l'utilisation métabolique du phosphore absorbé et sa mobilisation (INRA, 1984).

I.2. RUMINANTS

I.2.1. Analyses chimiques complémentaires

La solubilité de l'azote dans la salive artificielle.

La solubilisation des matières azotées est la première étape de la dégradation dans le rumen. Les formes d'azote soluble des aliments à étudier sont extraites en milieu "salive artificielle" et séparées par centrifugation. Le flux d'azote microbien entrant dans l'intestin est fonction de la solubilité des matières azotées totales quand l'énergie n'est pas limitante.

Vérité et al. (1987) signalent que les solutions employées sont très nombreuses, les plus couramment utilisées sont le jus de rumen autoclave, l'eau, les solutions de sel et les tampons minéraux. Il semble que la solution "tampon" soit le plus souvent utilisée en France pour mesurer la solubilité des constituants azotés des aliments concentrés simples.

De 1978 à 1988, la solubilité des matières azotées (paragraphe I.2.4.1.) a été utilisée pour prévoir la valeur PDI des aliments dans le système INRA (INRA, 1978). Depuis la valeur azotée peut être estimée d'une manière plus précise à l'aide la dégradabilité théorique dans le rumen (DT cf ci-dessous).

I 2.2. Dégradabilité in vitro, in situ et enzymatique de la matière organique et des matières azotées

Pendant longtemps, la méthode de digestibilité in vitro en deux temps de Tilley et Terry (1963) a été la plus utilisée pour estimer la digestibilité des aliments des animaux. Elle consiste à faire incuber les échantillons, en anaérobiose, pendant 48 heures, dans un mélange de salive artificielle et de jus de rumen prélevé sur des animaux fistulés à une température de 38-39°C proche des conditions physiologiques. Une deuxième incubation de 48 heures dans une solution de pepsine HCl permet d'avoir une dégradation quasi-complète des protéines.

Plusieurs auteurs, notamment dans les pays anglo-saxons, ont utilisé cette technique pour la prédiction de la digestibilité de la matière sèche (MS) et de la matière organique (MO) de nombreux aliments (Hacker et Minson, 1981), notamment des issues de riz (Hartadi et al., 1986).

Cependant Hacker et Minson (1981) signalent des écarts entre certains résultats dus au manque de finesse du broyage des échantillons. Les résultats disponibles actuellement sur les issues de riz sont généralement obtenus par cette méthode.

Elle est encore très utilisée à l'heure actuelle alors qu'elle nécessite l'entretien d'animaux fistulés recevant une alimentation constante, ce qui est une source supplémentaire et importante de variations entre les laboratoires.

La méthode in sacco consiste à étudier les aliments dans des sachets de nylon, perméables à la flore microbienne, dans le rumen d'animaux fistulés. Après un temps de séjour, ils sont lavés puis soumis à une attaque par la pepsine pour éliminer les protéines microbiennes et les protéines non fermentescibles. Cette méthode permet d'étudier la cinétique de la digestion de la matière organique grâce à des temps de séjour de 3, 6, 12, 24 et 48 heures.

La méthode in sacco, peut être appliquée à l'étude de la fermentescibilité des matières azotées alimentaires dans le rumen. Dans ce cas, on ne procède pas à la digestion par la pepsine et l'azote est dosé dans les résidus. La principale

source d'imprécision de cette méthode est la contamination des résidus par les protéines microbiennes surtout lorsque l'aliment est pauvre en azote. Les résultats obtenus par cette méthode permettent de calculer une dégradabilité théorique (DT) qui sert au calcul des valeurs PDI dans le dernier système d'évaluation des valeurs azotées proposé par l'INRA (1988) (paragraphe I.2.4.).

Les méthodes in vitro et in sacco qui exigent des animaux fistulés sont d'une application délicate et difficile à standardiser.

On s'efforce donc de leur substituer des méthodes enzymatiques qui se prêtent mieux aux comparaisons entre laboratoires.

La détermination de la dégradabilité de la matière organique par la pepsine cellulase (Aufrère, 1982) est classiquement appliquée, mais Sauvante (1981) estime que les aliments concentrés posent des problèmes méthodologiques spécifiques par rapport aux fourrages, en raison notamment de la variabilité importante des teneurs en protéines, amidon et lipides.

L'utilisation d'un cocktail d'enzymes glycolytiques (amylase, hémicellulase et cellulase) puis d'un enzyme protéolytique, la pepsine, permet de mieux prévoir la digestibilité de la matière organique des aliments composés et des sous-produits (Castagna et al., 1984).

De même, des enzymes protéolytiques sont de plus en plus utilisées pour prévoir la dégradabilité théorique (DT) des matières azotées. Les méthodes commencent à être standardisées mais les relations entre la dégradabilité théorique (DT) mesurée in sacco et la digestibilité enzymatique ne sont pas encore disponibles pour tous les types d'aliments notamment les matières premières des aliments concentrés.

I.2.3. Estimation de la valeur énergétique

I.2.3.1. Mesure ou estimation de la digestibilité

La digestibilité de la matière organique est le principal facteur de variation de la valeur énergétique.

L'utilisation digestive est mesurée depuis longtemps par la digestibilité apparente qui est la proportion de constituants disparaissant apparemment dans le tube digestif (Jarrige, 1978).

En cas d'absence d'une mesure directe, la digestibilité de la matière organique peut être prévue par quelques approches :

- A partir de l'analyse chimique classique

L'analyse chimique classique est universellement utilisée et reconnue comme officielle dans tous les pays. Une équation de prévision de la digestibilité de la matière organique des aliments composés a été proposée par Sauvant (1978) :

$$\text{DMO} = 0,9052 \text{ MO} + 0,02 \text{ MAT} - 1,07 \text{ CB} + 0,07 \text{ MG} \quad (1.1)$$

$$R = 0,88 \quad \text{etr} = 4,95$$

$$\text{DMO} = 0,9069 \text{ MO} - 1,076 \text{ CB}$$

$$R = 0,88 \quad \text{etr} = 4,95$$

DMO = digestibilité de la matière organique

MAT, CB, MG en g/kg MO.

La digestibilité de la matière organique des céréales peut être estimée à partir de la teneur en cellulose brute (CB) (Nehring, 1976 in Sauvant, 1981).

$$\text{DMO} = 91,7 - 1,48 \text{ CB}$$

$$n = 5 \quad r = 0,95 \quad \text{etr} = 2,11$$

CB = cellulose brute en g/kg MS.

Sauvant (1981) signale que la teneur en lignine sulfurique de Van Soest permet de prévoir la digestibilité de la matière organique avec une meilleure précision, particulièrement en la combinant aux autres constituants pariétaux.

$$\text{DMO} = 89,47 - 0,368 \text{ CB} - 1,471 \text{ ADL}$$

$$R = 0,91 \quad \text{etr} = 3,65$$

$$\text{DMO} = 92,07 - 0,227 \text{ NDF} - 1,547 \text{ ADL} \quad (1.2)$$

$$R = 0,94 \quad \text{etr} = 3,18$$

$$\text{DMO} = 89,10 - 0,266 \text{ ADF} - 1,438 \text{ ADL}$$

$$R = 0,89 \quad \text{etr} = 4,00$$

DMO = digestibilité de la matière organique en p.100 MO

CB = cellulose brute en p.100 MO

NDF = neutral détergent fibre en p.100 MO

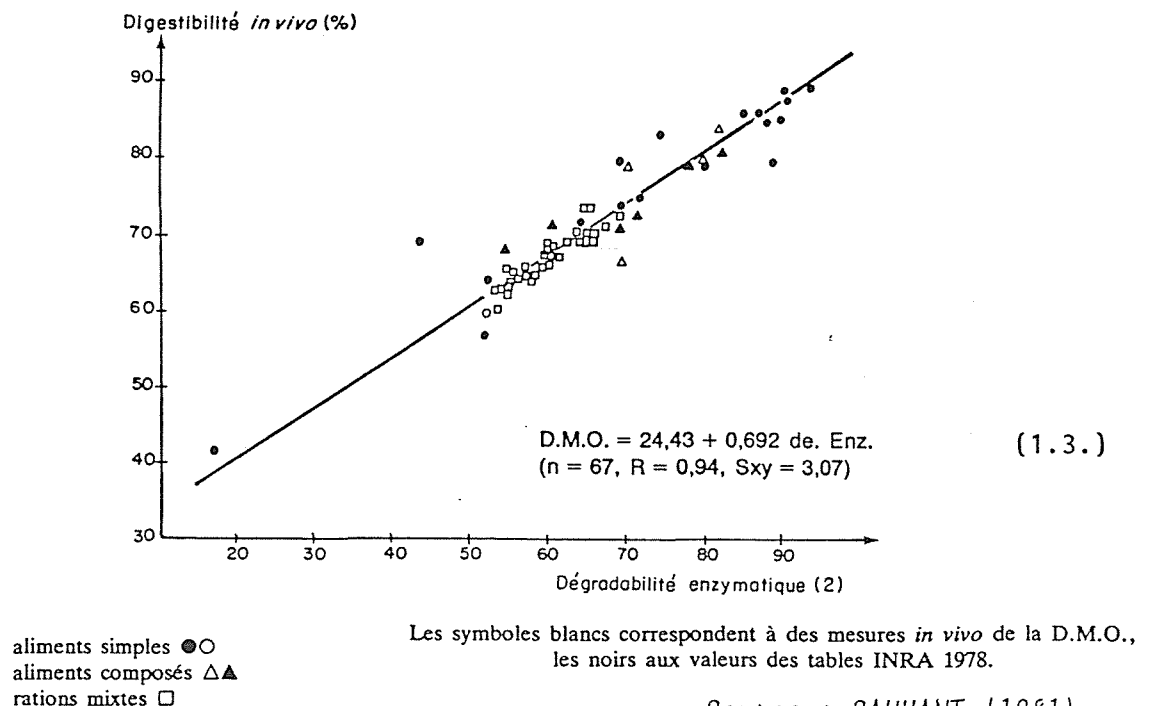
ADF = acid détergent fibre en p.100 MO

ADL = lignine en p.100 MO.

- A partir de mesures de dégradabilité enzymatique

Sauvant (1981) fait observer que cette méthode permet d'obtenir des valeurs de dégradabilité hautement corrélées avec les valeurs de digestibilité *in vivo* pour des aliments concentrés ou des rations mixtes (figure 1.2).

Figure 1.2 - Relation entre la digestibilité de la matière organique et la dégradabilité enzymatique d'aliments concentrés et de rations mixtes



Dans la pratique, la dégradabilité *in vitro* et *in situ* de la matière organique est encore peu utilisée en France pour estimer la digestibilité de la matière organique et de la valeur énergétique des aliments composés.

I.2.3.2. Estimation de la teneur en énergie nette et expression de celle-ci en UFL et UFV

L'énergie nette (EN) est l'énergie contenue dans l'aliment qui contribue à couvrir les dépenses d'entretien et de production des animaux (Vermorel et al., 1987). Elle correspond à l'énergie métabolisable (EM) diminuée des pertes d'énergie sous-forme de chaleurs produites au cours de l'ingestion et de l'utilisation métabolique des nutriments.

Le rendement d'utilisation de l'énergie métabolisable varie d'une part, avec les proportions des produits finaux de la digestion et d'autre part, avec la fonction pour laquelle ils sont utilisés (entretien, engraissement, lactation).

Les principes et les modes de calcul et d'expression des valeurs énergétiques pour la lactation d'une part, et la production de viande, sont rappelées au tableau 1.1.

Tableau 1.1 - Formules de base pour le calcul des valeurs énergétiques UFL et UFV des aliments

• Énergie digestible : $ED = \text{Énergie brute (EB)} \times \text{digestibilité de l'énergie}$	
• Énergie métabolisable : $EM = ED \times \frac{EM}{ED}$	
• $\frac{EM}{ED} = 0,8417 - 9,9 \times 10^{-5} CBo - 1,96 \times 10^{-4} MATo + 0,0221 NA$	
• Concentration en énergie métabolisable de l'aliment : $q = \frac{EM}{EB}$	
Efficacités d'utilisation de l'énergie métabolisable en énergie nette	
• pour la lactation	: $kl = 0,60 + 0,24 (q - 0,57)$
• pour l'entretien	: $km = 0,287q + 0,554$
• pour l'engraissement	: $kf = 0,78q + 0,006$
• pour l'entretien et la production de viande	: $kmf = \frac{km \times kf \times 1,5}{kf + 0,5 km}$
Valeurs UFL et UFV des aliments	
• valeur UFL = $\frac{EM \times kl}{1700}$	
• valeur UFV = $\frac{EM \times kmf}{1820}$	

(1.4.)

CBo et MATo : teneurs en cellulose brute et en matières azotées de l'aliment, exprimées en g par kg de matière organique.

NA : niveau d'alimentation ; rapport entre la quantité d'énergie métabolisable ingérée et la quantité correspondant au besoin d'entretien.

Source = VERMOREL (1988).

Sauvant (1978) établit des équations de prévision de la valeur énergétique pour la lactation et la production de viande des aliments composés à partir de leurs compositions chimiques.

Tableau 1.2 - Prévision de la valeur énergétique des aliments concentrés (INRA, 1978)

Equations

$$\text{UFL} = 121,80 + 0,11 \text{ MA} - 1,81 \text{ CB} + 1,26 \text{ MG}$$

$$\text{UFV} = 124,15 + 0,06 \text{ MA} - 2,20 \text{ CB} + 1,22 \text{ MG}$$

(1) Ecart-type résiduel pour 61 matières premières : 0,05 UFL/KG MO, pour des aliments composés voir le texte.

(2) Légende :

MA : Matières azotées totales (% MO)

CB : Cellulose brute (% MO)

MG : Matières grasses (% MO)

UFL, UFV : valeurs UF Lait et UF Viande par 100 kg de MO

Comme pour la DMO, les variations résiduelles de l'énergie nette non expliquées par ces modèles étaient d'après l'auteur en grande partie liées aux différences entre les compositions en constituants pariétaux des diverses espèces pour des teneurs en cellulose brute identiques ; c'est ainsi que, par exemple, la valeur énergétique des sous-produits des céréales est surestimée avec les équations ci-dessus.

En 1981, Sauvant a donc amélioré la prévision en tenant compte de la lignine. Ce type d'équation (tableau 1.3) a l'avantage d'être plus homogène que les précédentes.

Tableau 1.3 - Prise en compte des constituants de la paroi végétale pour prévoir la valeur énergétique des aliments composés

$$\begin{array}{ccccccc} \text{UFL} = 119,87 + 0,10 \text{ MA} + 1,34 \text{ MG} - 0,70 \text{ CB} - 2,32 \text{ LI} \\ (/100 \text{ kg MO}) & (\% \text{ MO}) & (\% \text{ MO}) & (\% \text{ MO}) & (\% \text{ MO}) \end{array}$$

$$(n = 45, R = 0,96, S_R = 5,71, CVr = 5,1 \%)$$

$$\begin{array}{ccccccc} \text{UFV} = 121,47 + 0,05 \text{ MA} + 1,32 \text{ MG} - 0,84 \text{ CB} - 2,81 \text{ LI} \\ (/100 \text{ kg MO}) & (\% \text{ MO}) & (\% \text{ MO}) & (\% \text{ MO}) & (\% \text{ MO}) & & (1.5) \end{array}$$

$$(n = 45, R = 0,95, S_R = 6,93, CVr = 6,4 \%)$$

Une autre équation a été créée par Chapoutot et al., (1989, communication personnelle) à partir des mesures de dégradabilité enzymatique. Elle permet de prévoir la valeur nutritive énergétique des aliments composés.

$$\text{UFL/kg MO} = 0,784 + 0,000230 \text{ EB} + 0,0107 \text{ deg enz MO} \quad (1.6)$$

$$r = 0,75 \quad \text{etr} = 0,063.$$

EB = énergie brute en kcal/kg MO

deg enz MO = dégradabilité de la matière organique (p.100).

Les valeurs UFL des issues de riz décrites dans les tables (son fin, farines basses, brisures à l'exclusion des produits contenant des balles, cf chapitre 2) varient entre 0,88 à 1,22 ; les valeurs UFV sont comprises entre 0,81 et 1,24 par kg MS, ce qui est comparable à d'autres sous-produits céréaliers.

I.2.4. Estimation de la valeur azotée

1.2.4.1. Rappels sur la digestion des matières azotées chez les ruminants et sur les méthodes d'étude

Les enzymes des microbes du rumen dégradent une grande partie des protéines en éléments plus simples : peptides, acides aminés et ammoniac. L'importance de la dégradation des matières azotées dans le rumen est très variable, elle est fonction non seulement de leur dégradabilité, qui est une caractéristique de chaque aliment, mais aussi de l'intensité de l'activité microbienne et du temps de séjour des aliments dans le rumen (Vérité et al., 1988). Les matières azotées sont d'autant plus dégradées qu'elles sont plus solubles dans le liquide ruminal.

Les matières azotées peuvent être classées selon leur dégradabilité dans le rumen :

- celles immédiatement solubles dans le liquide ruminal : ce sont les constituants azotés non protéiques (peptides, acides aminés libres, amides, nucléotides, aminés). Ils constituent la principale source azotée des microorganismes du rumen ;

- les protéines dont une partie est potentiellement dégradable et l'autre indégradable.

Une fraction dégradable peut échapper à la digestion ruminale par suite d'un temps de séjour assez court ou d'une faible activité microbienne. Elle est hydrolysée dans le reste du tractus digestif (Vérité et al., 1988).

La connaissance de la dégradabilité des matières azotées dans le rumen est importante car elle permet de prévoir le site de digestion des matières azotées d'origine alimentaire qui se situe :

- dans le rumen : la transformation de l' NH_3 libéré en protéines microbiennes nécessite un apport simultané et suffisant d'énergie fermentescible. Si ce n'est pas le cas, l' NH_3 est absorbé en grande quantité par la paroi du rumen, puis transformé en urée par le foie, ce qui provoque une augmentation des pertes d'azote urinaire ;

- dans l'intestin grêle où les protéines d'origine alimentaire ou microbienne sont transformées en acides aminés qui seront absorbés.

Vérité et al., 1988, signalent que la dégradabilité des sources azotées peut être mesurée dans des conditions standard par différentes méthodes :

- la solubilité (S) (cf. ci-dessus) dans la salive artificielle est un index simple et rapide qui est globalement assez satisfaisant mais ne rend pas compte de la totalité des différences entre aliments car certaines protéines peu solubles sont néanmoins dégradées assez rapidement ;

- la dégradabilité enzymatique (dég. enz.) qui simule un peu mieux les phénomènes et reste utilisable en laboratoire ;

- la fermentescibilité in vitro en présence de contenu ruminal ; elle a l'inconvénient de ne pas décrire la cinétique de la dégradation des protéines ;

- la méthode des sachets de nylon contenant l'aliment à tester et plongés dans le rumen pour différentes durées, permet de connaître la cinétique de la dégradation des protéines à partir de laquelle peut être déduite la dégradabilité théorique (DT) des matières azotées dans le rumen. Toutefois cette méthode étant longue et délicate on cherche à mettre au point pour les différents types d'aliments des relations entre la dégradabilité enzymatique des matières azotées et leur DT mesurée in sacco.

Sauvant et al. (1987) signalent que la dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen (DT) pour le riz est comparable à celle du sorgho (0,42 ; 0,40 respectivement). De plus, la DT de la farine de riz est de l'ordre de 0,70 (Vérité et al., 1987).

La digestion des protéines dans l'intestin grêle est très semblable à celle qui existe chez les monogastriques.

Les protéines sont hydrolysées en peptides par les enzymes pancréatiques, puis en petits peptides et acides aminés par

les enzymes de la paroi de l'intestin. Cette digestion n'est cependant pas totale et la fraction des protéines alimentaires qui lui échappe va se retrouver en quasi-totalité dans les fèces.

La digestibilité réelle dans l'intestin (dr) des protéines alimentaires varie entre aliments, mais il n'existe pas de méthode de mesure directe (Vérité et al., 1987). Cependant, la technique des sachets de nylon mobiles dans l'intestin pourra fournir à l'avenir un index relatif d'appréciation.

Sauvant et al. (1987) enregistrent une valeur assez élevée de digestibilité réelle dans l'intestin pour le riz (0,95). Cependant pour les issues de riz, il n'y a pas de données disponibles actuellement.

I.2.4.2. Principe de système des PDI et méthodes de calcul des valeurs PDIA, PDIN, PDIE

Les valeurs PDIN et PDIE des aliments sont la somme de deux fractions :

PDIA : les protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire, c'est-à-dire provenant directement des protéines non dégradées dans le rumen.

PDIM : protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, synthétisées dans le rumen. Cette deuxième fraction dépend de la disponibilité dans le rumen des deux facteurs principaux de la synthèse : l'énergie et l'azote dégradables. Chaque aliment est donc défini par deux valeurs limitées, l'une par la teneur en énergie fermentescible (PDIME) et l'autre, par celle en azote dégradable (PDIMN),

$$PDIN = PDIA + PDIMN ;$$

$$PDIE = PDIA + PDIME.$$

Le mode de calcul des PDI a évolué de 1978 à 1988, avec le remplacement dans les équations de la solubilité corrigée (S) par la dégradabilité théorique (DT) et de la matière organique digestible par la matière organique fermentescible.

Le tableau 1.4 reproduit les définitions et les équations utilisées à partir de 1978 et le tableau 1.5 présente celles adoptées en 1988. On peut préciser que la DT étant difficile à estimer les équations de 1978 rendent encore de grands services.

Tableau 1.4 - Mode de calcul des valeurs PDI des aliments**MODE DE CALCUL DES VALEURS PDI DES ALIMENTS**

Les teneurs en PDI des aliments, en g par kg de matière sèche (MS), sont calculées à partir de :

— la teneur en matières azotées totales : $MAT = 6,25 \times N$ (g/kg de MS)

— la solubilité corrigée de ces matières azotées : $S = \frac{MA \text{ solubles}}{MAT}$

— la teneur en matière organique digestible : MOD en kg/kg de MS

à l'aide des hypothèses et coefficients suivants, dont l'origine et la valeur sont justifiés plus loin :

1°) 65 % des matières azotées alimentaires insolubles entrent dans l'intestin grêle ; elles sont sous forme de protéines vraies ; leur digestibilité réelle (dr) dans l'intestin grêle est variable selon la catégorie d'aliments ;

2°) il est formé dans le rumen 135 g de matières azotées microbiennes ($6,25 \times N$) par kg de MOD ingérée ; 80 % se trouvent sous forme de protéines vraies qui ont une digestibilité réelle de 70 % dans l'intestin grêle.

$$PDIA = 0,65 \times MAT (1 - S) \times dr$$

$$PDIME = 135 \times 0,80 \times 0,70 \times MOD = 75,6 MOD$$

$$PDIMN = MAT [S + 0,35 (1 - S)] \times 0,80 \times 0,70 = (0,196 + 0,364 S) \times MAT$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

$$PDIN = PDIA + PDIMN$$

(1.7)

La valeur PDIA n'est donnée que pour un nombre limité des principaux aliments (chapitre 16 - tableau 16.10). Les deux valeurs globales PDIE et PDIN, sont rapportées en même temps que la teneur en MAD dans les tables de la valeur des aliments

Source : INRA (1978)

Tableau 1.5 - Formules de base pour le calcul de la valeur PDI des aliments

$$\begin{aligned} PDIA &= MAT \times \text{fraction non dégradée}^{(1)} \times AAa \times \text{Digestibilité} \\ PDIMN &= MAT \times \text{fraction dégradée} \times \text{Captation} \times AAm \times \text{Digestibilité} \\ PDIME &= \text{Énergie fermentée} \times \text{Efficacité} \times AAm \times \text{Digestibilité} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PDIA &= MAT \times [1,11 (1 - DT)] \times 1,0 \times dr \\ PDIMN &= MAT \times [1 - 1,11 (1 - DT)] \times 0,9 \times 0,8 \times 0,8 \\ PDIME &= MOF \times 0,145 \times 0,8 \times 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PDIA &= 1,11 \times MAT \times (1 - DT) \times dr \\ PDIMN &= 0,64 \times MAT \times (DT - 0,10) \\ PDIME &= 0,093 \times MOF \end{aligned}$$

(1.8)

où PDIA, PDIMN, PDIME, MAT et MOF sont en g/kg MS et les autres valeurs sont des taux variant entre 0 et 1.

avec MAT = teneur en matières azotées totales de l'aliment.

AAa et AAm = taux d'acides aminés dans les matières azotées alimentaires non dégradées et dans les matières azotées microbiennes.

DT = dégradabilité théorique en sachets (obtenue avec un taux de passage des particules de 0,06 par heure).

dr = digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle.

MOF = teneur en matière organique fermentescible de l'aliment = matière organique digestible - matières azotées non dégradables - matières grasses - produits de fermentation des ensilages.

⁽¹⁾ La fraction non dégradée dans l'animal correspond à 1,11 fois la fraction non dégradable sachets.

Source : INRA (1988)



CHAPITRE II

TECHNOLOGIE DES ISSUES DE RIZ ET FACTEURS DE VARIATION DE LEUR VALEUR ALIMENTAIRE



II.1. TECHNIQUES DE TRANSFORMATION DU RIZ PADDY

Le fruit du riz est un caryopse ovoïde, parfois légèrement dissymétrique, qui présente à sa surface des sillons plus ou moins marqués. A la base du grain, on trouve deux glumes (figure 2.1), puis deux glumelles (balles) qui l'enveloppent.

Le grain est constitué :

- du péricarpe qui correspond à une enveloppe fibreuse ;
- de l'albumen riche en amidon ;
- de l'embryon ou germe, très petit et qui se situe à la face ventrale du caryopse.

Au cours des transformations, on peut distinguer :

- le riz paddy : c'est le grain (caryopse) encore entouré de ses enveloppes (glumes et glumelles) qui est obtenu après battage des panicules ;
- le riz cargo : c'est le grain débarrassé de ses enveloppes (ou balles) par le décortiquage.
- le riz blanchi : c'est le grain obtenu après l'opération de blanchiment qui consiste à éliminer le germe et les téguments.

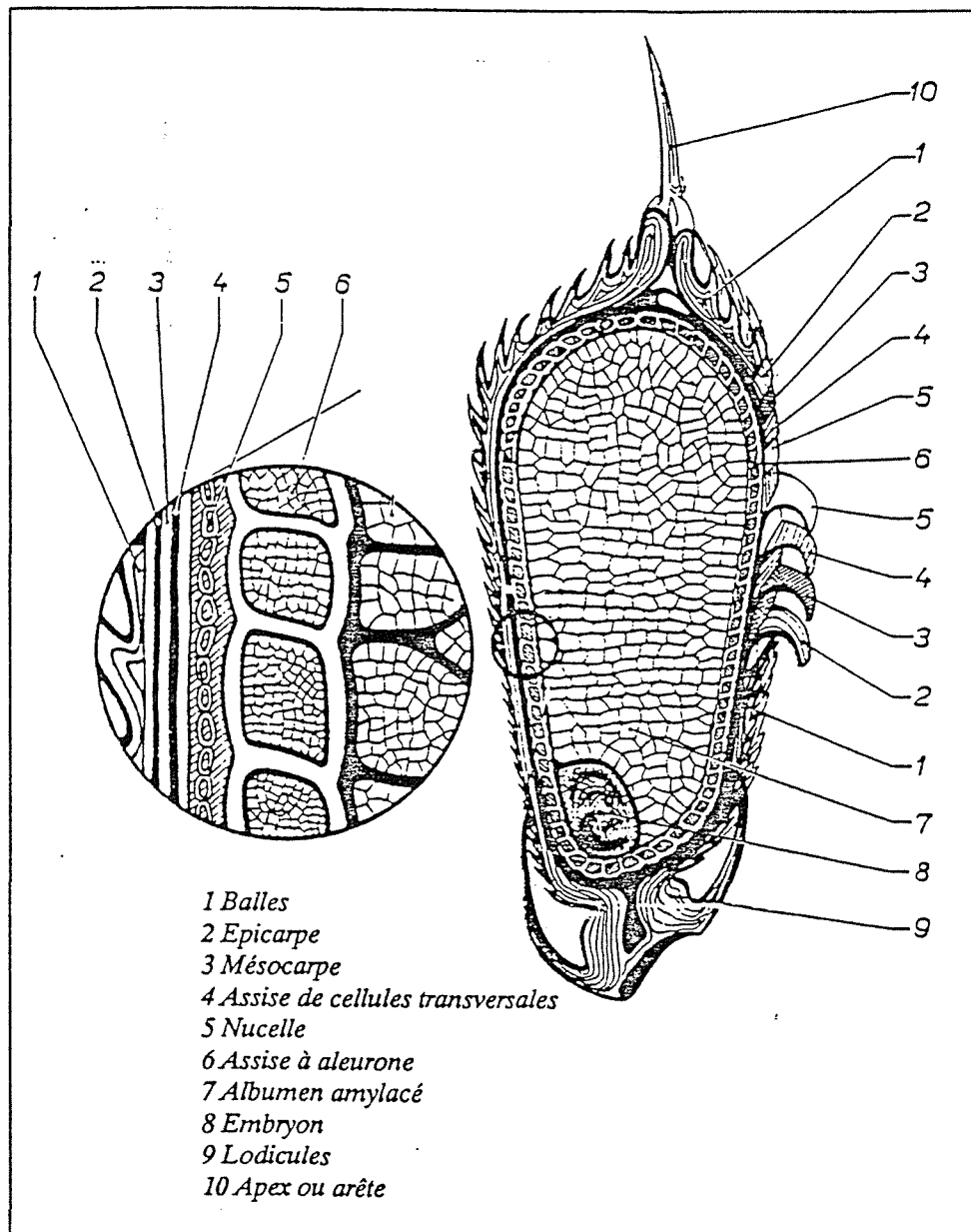
II.1.1. Décortiquage et blanchiment industriel du riz

Lors du décortiquage du riz paddy, qui représente la première phase de l'usinage, le caryopse du riz est dépouillé de ses enveloppes qui constituent la balle et le son. Le son est obtenu par tamisage des résidus de décortiquage qui sont ainsi séparés des balles. Le riz cargo est soumis au blanchiment qui finit de le débarrasser de toute la partie périphérique et à l'issue duquel on obtient des farines basses. Au cours de cette opération, les graines se fragmentent en brisures de divers calibres (figure 2.2).

Dans les pays en développement, ce type de décortiquage est souvent géré par l'état ou les coopératives car il nécessite des investissements importants pour les équipements et une source d'énergie.

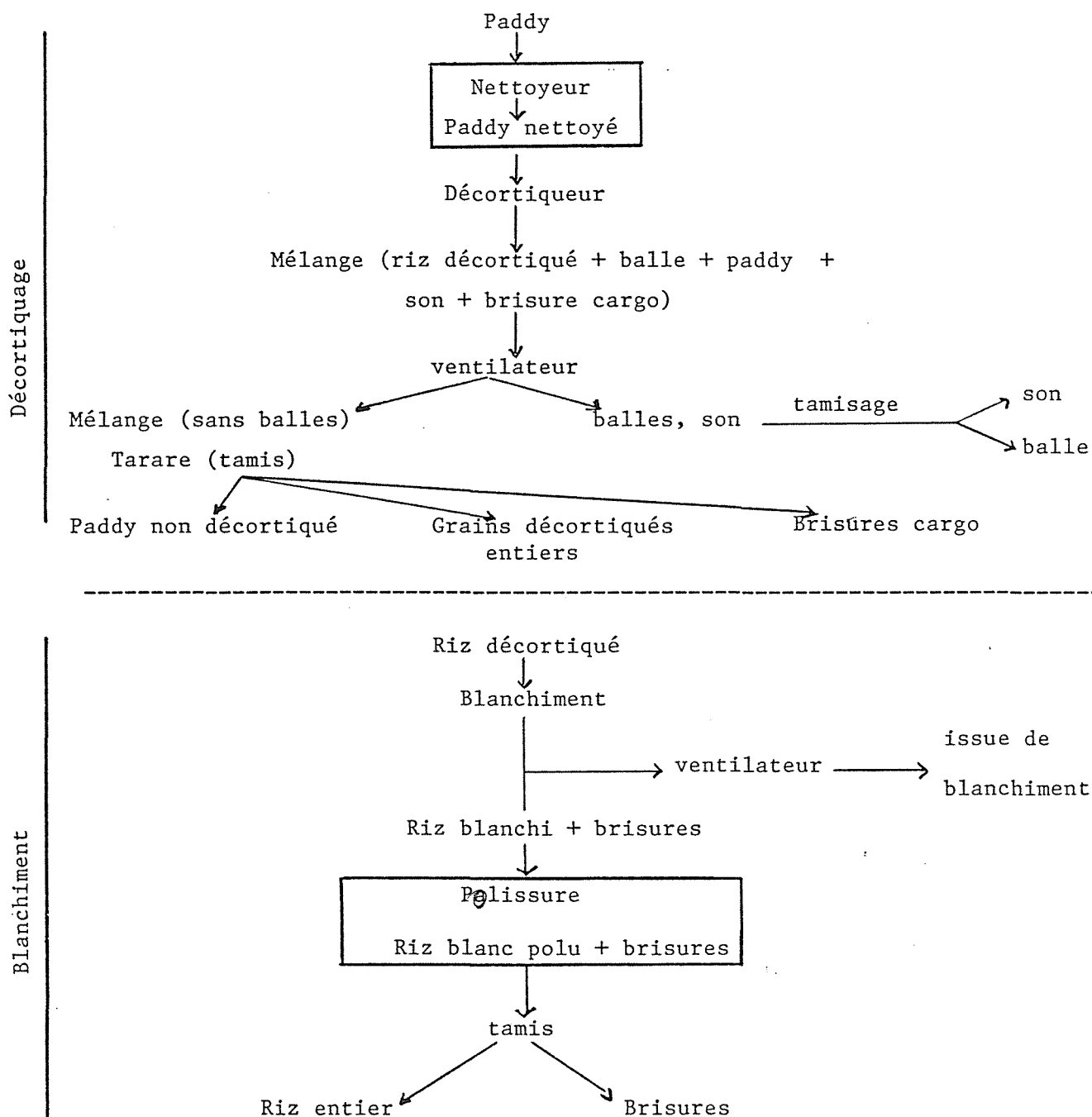
Le décortiquage et le blanchiment industriels, lorsqu'ils sont effectués par du matériel en bon état et bien réglé,

Figure 2.1 - Structure du grain de paddy



Source : F.A.O. in Cavalier (1987)

Figure 2.2 - Usinage du riz



: opérations facultatives

Source : ANGLEDETTE (1966)

permettent d'obtenir le riz de consommation avec de meilleurs rendements que le décortiquage artisanal. De plus, les issues de riz du secteur industriel sont mieux standardisées et de meilleure qualité que celles du secteur artisanal (Mongodin, 1979).

II.1.2. Décortiquage artisanal

Le décortiquage artisanal est très répandu dans tous les pays producteurs de riz, notamment en Asie du Sud-Est. Les décortiqueuses initialement de marque Engleberg, Gondard, Bernard etc. ou importées du Japon ou de Chine sont de plus en plus fabriquées localement. Les matériels de même que leurs procédés d'utilisation sont très variables ce qui explique la variabilité des sous-produits liée principalement à celle des teneurs en balles.

Les plus utilisés sont de type Engelberg (décortiqueurs à cylindre métallique figure 2.3), ou à rouleaux de caoutchouc, (figure 2.4) (Cruz, 1989, entretien personnel).

Cruz nous a signalé que la machine Engelberg donne un taux important de balles, de brisures et consomme beaucoup d'énergie. En contrepartie, l'investissement est peu élevé et adapté à de petites quantités (100 tonnes par an). Actuellement le CEEEMAT à Montpellier essaie de fabriquer un prototype de décortiqueur à rouleaux de caoutchouc qui permettrait d'obtenir un rendement de décortiquage de 80 p.100 et un taux de brisures de l'ordre de 3 à 4 p.100, alors que ces taux sont avec les machines les plus courantes inférieurs à 65 p.100 et supérieurs à 10 p.100 respectivement.

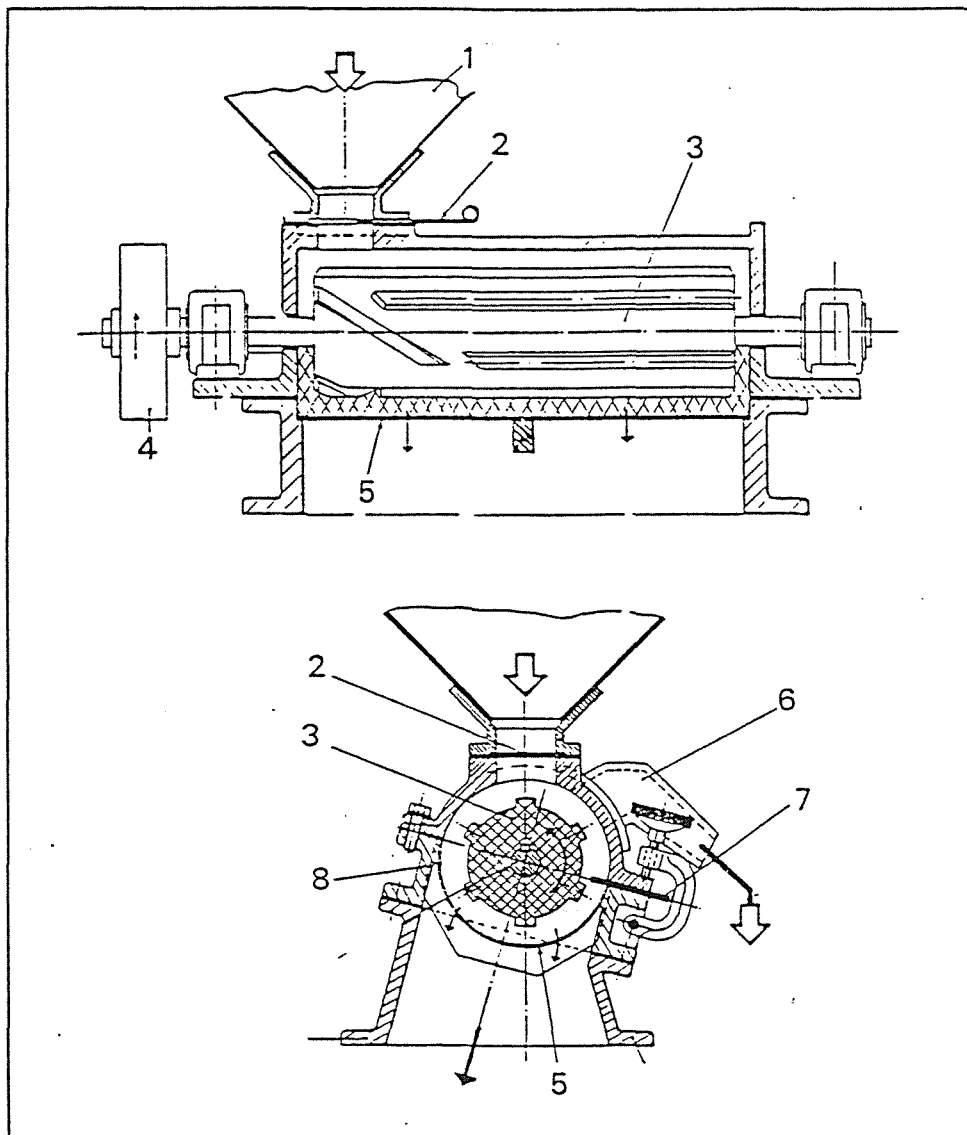
II.1.3. Pilonnage familial

Le pilonnage à la main se pratique encore dans la plupart des pays en développement, surtout dans les districts ruraux et pour la consommation domestique dans les villages. Le rendement et la qualité des produits sont médiocres mais l'investissement est nul ; les besoins en main-d'oeuvre sont élevés mais la rémunération des ouvriers est très basse.

Le décortiquage du riz à la main demeure la méthode la plus couramment utilisée dans plusieurs grands pays : par exemple ; en 1969, 75 p.100 de la récolte Pakistanaise était décortiquée à la main ; 60 p.100 de l'Indonésienne, 50 p.100 de l'Indienne (FAO, 1969).

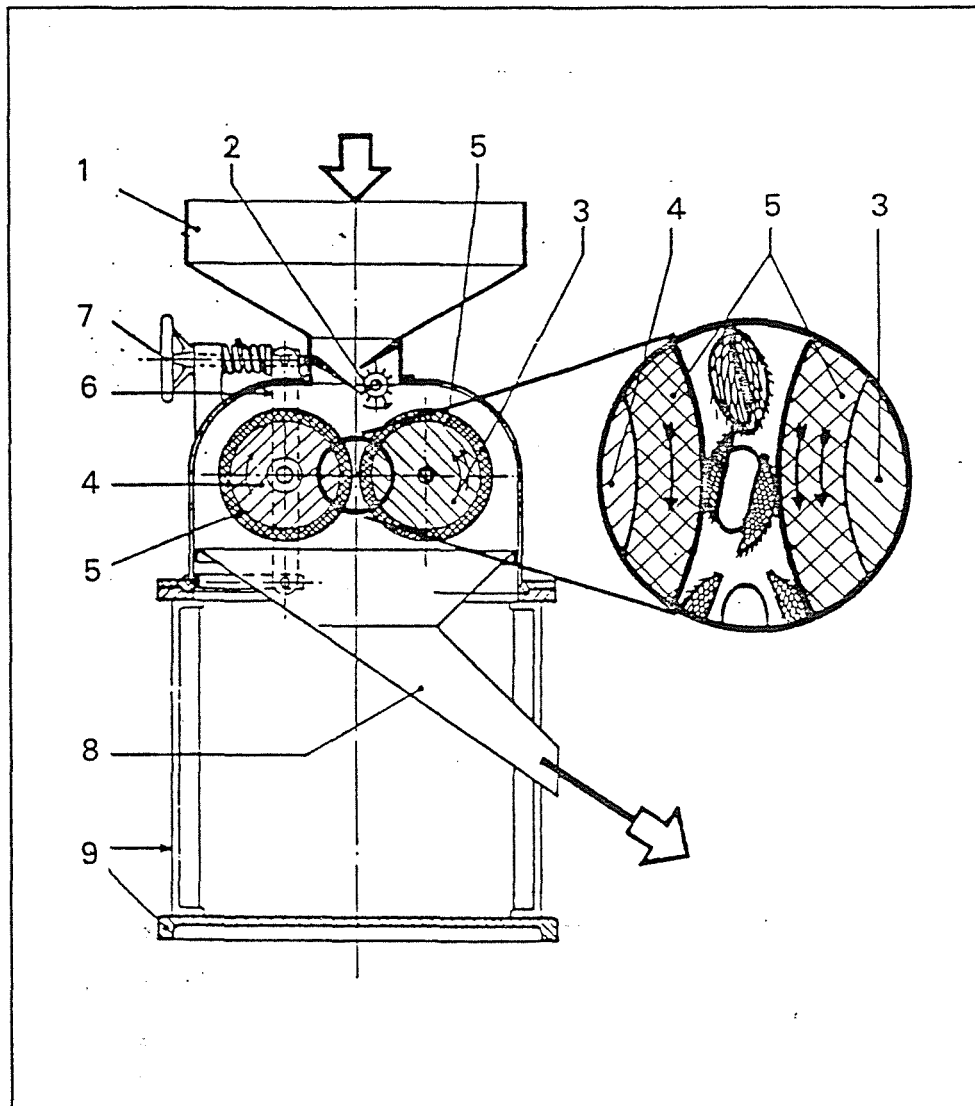
Les sous-produits du pilonnage manuel sont des issues de mélange très difficiles à standardiser et se caractérisent par des proportions de balles trop élevées.

Figure 2.3 - Le décortiqueur Engleberg (Source F.A.O.)



- 1 Trémie d'alimentation
- 2 Volet de réglage de l'alimentation
- 3 Cylindre nervuré
- 4 Poulie d'entraînement
- 5 Grille
- 6 Tuyau de sortie
- 7 Lame
- 8 Bâti

Figure 2.4 - Le décortiqueur à rouleaux (Source F.A.O.)



- 1 Trémie d'alimentation
- 2 Cylindre distributeur
- 3 Rouleau rapide
- 4 Rouleau lent
- 5 Garniture en caoutchouc des rouleaux
- 6 Bras de réglage du rouleau
- 7 Volant à main de réglage d'écartement des rouleaux
- 8 Sortie du riz décortiqué et des balles
- 9 Bâti et socle de l'appareil

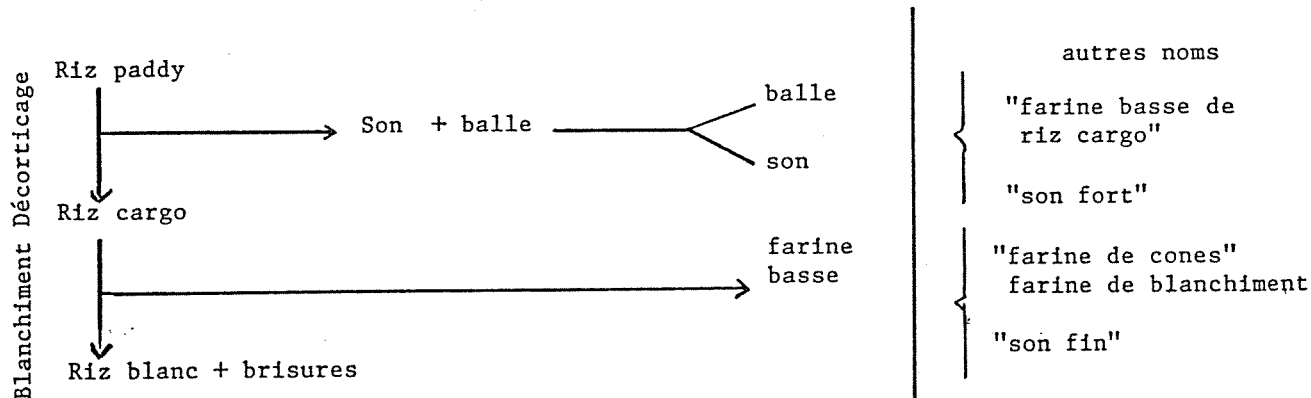
Conclusion

Les issues de riz sont extrêmement variables en raison, soit du type de décortiqueurs utilisés, soit du mode d'utilisation de ces décortiqueurs. Leurs valeurs nutritives dépendent essentiellement des pourcentages des balles et des brisures fines.

II.2. COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DES SOUS-PRODUITS DU RIZ. FACTEURS DE VARIATION ET PROBLEMES DE CONSERVATION.

Les auteurs utilisent parfois un vocabulaire peu précis pour définir les sous-produits, en raison de la diversité des noms qui leurs sont donnés.

Nous pensons pouvoir simplifier ce vocabulaire comme suit :



II.2.1. Les issues pures

Au cours du processus de transformation du riz paddy, on obtient une grande quantité de sous-produits destinés à l'alimentation animale.

II.2.1.1. Balle

Göhl (1982) estime que la proportion de balle obtenue lors du décorticage du riz paddy, représente en moyenne 20 p.100 du riz entier. Les balles sont extrêmement riches en cellulose et en cendres, en particulier en silice (Hartadi et al., 1986, Gonzalez, 1981).

Il faut préciser qu'aucune utilisation des balles ne semble possible pour l'alimentation des monogastriques.

II.2.1.2. Son vrai

Le son est obtenu par tamisage des résidus de décorticage qui sont ainsi débarassés des balles. Il est riche en huile (14 à 18 p.100 ; Göhl, 1982) et représente environ 10 p.100 du riz paddy transformé. Il peut être considéré comme pur, quand il ne contient que très peu de balles.

Le son est le sous-produit le plus important de l'usinage, c'est une bonne source de vitamines B et il est très apprécié par les animaux d'élevage. De plus, il est très utilisé dans certains pays en remplacement du maïs pour l'alimentation des volailles (Hamid et al., 1987, Piliang, 1982) et comme aliment de complément pour les bovins.

Il est riche en extractif non azoté (Hartadi et al., 1986 ; Leun in Kratzer, 1974 ; Mahatab et al., 1985) constitué essentiellement par de l'amidon. Sa teneur en protéine est assez élevée par rapport à celle du son de maïs (12,4 au lieu de 10,1 p.100, INRA, 1988).

Les digestibilités de la matière organique, des matières azotées, des matières grasses et de l'extractif non azoté ont été mesurées sur des lapins par Oanh (1983) ; les résultats, respectivement 62,4 ; 68,3 ; 82,2 et 66,9 p.100, sont inférieurs à ceux obtenus avec les brisures (cf. II.2.1.4).

Mais, Mahatab (1985) rapporte que les valeurs nutritives de 21 échantillons sont très hétérogènes. En conséquence, l'analyse chimique est indispensable pour estimer sa valeur nutritive. C'est le taux de balle qui est la cause essentielle de la variabilité de la valeur nutritive du son (Piccioni, 1965 ; Tangendjaya, 1987).

II. 2.1.3. Farine basse

Le riz décortiqué est soumis au blanchiment qui finit de le débarasser de toute la partie périphérique. Les farines basses produites au niveau des cônes à blanchir se présentent

Tableau 2.1 - Composition chimique et valeur alimentaire des balles de riz

	1	2	3	4				
<u>Composition chimique (p.100 de MS)</u>								
<u>Cendres</u>	19.7	-	19.6	12.7				
. Insoluble chlorhydrique	-	12.7	-	-				
. Phosphore	0.15	-	-	0.09				
. Calcium	0.10	-	-	0.04				
. Potassium	0.40	-	-	0.25				
. Magnésium	0.15	-	-	0.04				
<u>Matières azotées totales</u>	3.8	-	2.7	3.7				
. Lysine	-	-	-	-				
. Méthionine	-	-	-	-				
. Méthionine + cystine	-	-	-	-				
. Tryptophane	-	-	-	-				
<u>Constituants pariétaux</u>								
. Cellulose brute	43.3	-	38.0	46.0				
. NDF	-	84.0	-	72.5				
. ADF	-	72.1	-	66.0				
. Hémicellulose	-	11.9	-	-				
. Cellulose	-	46.8	-	-				
. Lignine	-	13.2	-	16.2				
<u>Matières grasses</u>	1.5		0.7	0.5				
<u>Vitamines (en mg/kg MS)</u>								
. Thiamine	2.40	-	-	-				
. Riboflavine	0.50	-	-	-				
. Niacine	31	-	-	-				
<u>Valeur énergétique</u>								
. Ruminants								
. UFL (/kg MS)	-	-	-	0.12				
. UFV	-	-	-	0.05				
. EM (kcal/kg MS)	380	-	-	-				
. Porcs								
. ED (kcal/kg MS)	-	-	-	506				
. Volailles								
. EM (kcal/kg MS)	-	-	-	243				
<u>Valeur azotée pour les ruminants</u>								
. Solubilité des matières azotées (p.100)	-	-	-	-				
. PDIA	-	-	-	-				
. PDIN	-	-	-	-				
. PDIE	-	-	-	-				

SOURCE : 1. HARTADI et al (1986)

2. GONZALEZ (1981)

3. HARRIS et al (1982)

4. PROTECTOR (1980)

Tableau 2.2 - Composition chimique et valeur alimentaire des sons de riz

	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Composition chimique (p.100 de MS)</u>								
<u>Cendres</u>	11.7	15.5	-	13.7	-	10.6	12.3	11.9
. Insoluble chlorhydrique	-	-	-	-	12.3	-	-	-
. Phosphore	1.51	-	0.60	-	-	-	1.5	1.56
. Calcium	0.12	-	0.27	-	-	-	0.07	0.08
. Potassium	1.74	-	-	-	-	-	-	1.67
. Magnésium	1.05	-	-	-	-	-	-	0.94
<u>Matières azotées totales</u>	13.8	11.9	-	12.7	13.1	13.5	12.4	14.2
. Lysine	0.58	-	-	-	-	-	-	0.62
. Méthionine	0.35	-	-	-	-	-	-	0.24
. Méthionine + cystine	-	-	-	-	-	-	-	0.47
. Tryptophane	0.24	-	-	-	-	-	-	0.14
<u>Constituants pariétaux</u>								
. Cellulose brute	11.6	21.3	-	16.0	17.1	9.2	12.9	12.9
. NDF	-	-	-	-	-	-	-	-
. ADF	-	-	-	-	-	-	-	-
. Hémicellulose	-	-	-	-	-	-	-	-
. Cellulose	-	-	-	-	-	-	-	-
. Lignine	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Matières grasses</u>	14.1	11.6	-	16.1	17.5	14.9	13.7	15.3
<u>Vitamines (en mg/kg MS)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
. Thiamine	-	-	24	-	-	-	-	-
. Riboflavine	2.7	-	5.7	-	-	-	-	-
. Niacine	313	-	574	-	-	-	-	-
<u>Valeur énergétique</u>								
. Ruminants								
. UFL (/kg MS)	-	-	-	-	-	-	0.88	-
. UFV	-	-	-	-	-	-	0.81	-
. EM (kcal/kg MS)	-	-	-	-	2580	-	2550	-
. Porcs								
. ED (kcal/kg MS)	-	-	-	-	-	-	-	3111
. Volailles								
. EM (kcal/kg MS)	-	-	-	2472	-	-	-	3948
<u>Valeur azotée pour les ruminants</u>								
. Solubilité des matières azotées (p.100)	-	-	-	-	-	-	-	-
. PDIA	-	-	-	-	-	-	33	-
. PDIN	-	-	-	-	-	-	77	-
. PDIE	-	-	-	-	-	-	70	-

SOURCE : 1. HARTADI et al (1986)
2. GOHL (1982)
3. GUERRA et al (1975)
4. ZOMBADE et al (1983)

5. MAHATAB et al (1985)
6. HARRIS et al (1982)
7. I.N.R.A. (1988)
8. I.N.R.A. (1984)

sous forme de farines blanches, fines et légères. Comme le son, elles sont difficiles à conserver car elles contiennent beaucoup de matières grasses (Bres et al., 1982) facilement oxydables. Cette réaction qui débute dès la fabrication, provoque un rancissement de ces farines.

Elles sont beaucoup utilisées pour l'alimentation des volailles et des porcs dans certains pays en raison de leurs teneurs élevées en matières grasses et surtout en amidon, et en raison de leurs teneurs faibles en cellulose et cendres qui leur confèrent une valeur énergétique supérieure à celles des sons (Rao, 1980).

Les protéines des farines basses de riz sont riches en tryptophane et cystine, acides aminés indispensables à la croissance (Angladette, 1965) et en vitamines, en particulier thiamine et niacine (22 et 330 mg/kg respectivement, Piccioni, 1965).

Leur composition chimique (tableau 2.3) varie peu d'un auteur à un autre : en général, la teneur en cellulose brute ne dépasse pas 8 p.100 et celle en cendres est inférieure à 10 p.100.

II.2.1.4. Brisures

Les brisures sont séparées du riz entier par tamisage. Elles ont la même composition que le riz entier ; ce sont donc des aliments très énergétiques et très appréciés. On les utilise pour toutes les espèces animales, en particulier pour les volailles, en raison de leur haute valeur énergétique et de leur pauvreté en fibre (Hartadi et al., 1986 ; Göhl, 1982, tableau 2.4).

Leur composition varie selon leur degré de blanchiment et suivant leur origine (riz cargo, riz blanchi ou riz étuvé). La valeur nutritive de ces sous-produits est très intéressante. Oanh (1983) signale que la digestibilité de la matière organique, des matières azotées totales, des matières grasses et de l'extractif non azoté pour les lapins est remarquablement élevée (85,5 ; 79,9 ; 88,8 et 87,1 p.100 respectivement). Les tables de l'INRA (1988) montrent que la digestibilité de la matière organique et des matières azotées totales pour les ruminants sont égales et légèrement supérieures, respectivement, à celles de la farine de maïs.

Les brisures demeurent peu utilisées pour l'alimentation des volailles, car dans certains pays, elles sont mélangées au riz entier pour donner des riz de qualité inférieure destinés à l'alimentation humaine.

Tableau 2.3 - Composition chimique et valeur alimentaire des farines basses de riz

	1	2	3	4	5	6		
<u>Composition chimique (p.100 de MS)</u>								
<u>Cendres</u>	9.0	17.4	5.8	10.3	11.4	9.7		
. Insoluble chlorhydrique	-	-	-	-	-	-		
. Phosphore	1.48	0.7	-	-	0.17	1.46		
. Calcium	0.05	2.5	-	-	0.04	0.04		
. Potassium	1.27	-	-	-	-	1.29		
. Magnésium	0.87	-	-	-	-	0.67		
<u>Matières azotées totales</u>	14.0	12.0	10.8	13.4	15.8	14.9		
. Lysine	0.58	-	-	-	-	0.62		
. Méthionine	0.22	-	-	-	-	0.30		
. Méthionine + cystine	-	-	-	-	-	0.63		
. Tryptophane	0.11	-	-	-	-	0.15		
<u>Constituants pariétaux</u>								
. Cellulose brute	6.0	7.6	1.1	7.6	7.5	7.5		
. NDF	-	-	-	-	-	-		
. ADF	-	-	-	-	-	-		
. Hémicellulose	-	-	-	-	-	-		
. Cellulose	-	-	-	-	-	-		
. Lignine	-	-	-	-	-	-		
<u>Matières grasses</u>	12.0	18.1	-	17.2	16.9	16.4		
<u>Vitamines (en mg/kg MS)</u>	-	-	-	-	-	-		
. Thiamine	2.4	-	-	-	-	-		
. Riboflavine	0.6	-	-	-	-	-		
. Niacine	31	-	-	-	-	-		
<u>Valeur énergétique</u>								
. Ruminants								
. UFL (/kg MS)	-	-	-	-	1.02	-		
. UFV	-	-	-	-	0.97	-		
. EM (kcal/kg MS)	-	-	-	3380	2920	-		
. Porcs								
. ED (kcal/kg MS)	-	-	-	-	-	3730		
. Volailles								
. EM (kcal/kg MS)	3357	3164	-	3340	-	3348		
<u>Valeur azotée pour les ruminants</u>								
. Solubilité des matières azotées (p.100)	-	-	-	-	-	-		
. PDIA	-	-	-	-	-	76		
. PDIN	-	-	-	-	-	109		
. PDIE	-	-	-	-	-	101		

SOURCE : 1. HARTADI et al (1986)

2. RAO et al (1986)

3. GOHL (1982)

4. HARRIS et al (1982)

5. I.N.R.A. (1988)

6. I.N.R.A. (1984)

Tableau 2.4 - Composition chimique et valeur alimentaire des brisures de riz

	brisures de riz blanchi	brisures de riz étuvé	2 brisures de riz blanchi	3 brisures	4 brisures	5 brisures		
<u>Composition chimique (p.100 de MS)</u>								
<u>Cendres</u>	1.6	1.0	3.4	13.5	1.6	1.6		
. Insoluble chlorhydrique	-	-	-	-	-	-		
. Phosphore	0.37	0.20	0.30	-	0.15	0.17		
. Calcium	0.10	0.20	0.03	-	0.04	0.04		
. Potassium	-	-	0.15	-	-	0.17		
. Magnésium	-	-	0.12	-	-	0.08		
<u>Matières azotées totales</u>								
. Lysine	9.0	.2	10.6	8.6	8.3	8.8		
. Méthionine	-	-	0.30	-	-	0.34		
. Méthionine + cystine	-	-	0.14	-	-	0.22		
. Méthionine + cystine	-	-	-	-	-	0.37		
. Tryptophane	-	-	0.11	-	-	0.13		
<u>Constituants pariétaux</u>								
. Cellulose brute	2.1	0.23	2.9	1.0	1.5	1.5		
. NDF	-	-	-	-	-	-		
. ADF	-	-	-	-	-	-		
. Hémicellulose	-	-	-	-	-	-		
. Cellulose	-	-	-	-	-	-		
. Lignine	-	-	-	-	-	-		
<u>Matières grasses</u>								
	2.1	0.3	4.7	1.1	1.4	1.3		
<u>Vitamines (en mg/kg MS)</u>								
. Thiamine	-	-	-	-	-	-		
. Riboflavine	-	-	1.6	-	-	-		
. Niacine	-	-	0.5	-	-	-		
. Niacine	-	-	26	-	-	-		
<u>Valeur énergétique</u>								
. Ruminants								
. UFL (/kg MS)	-	-	-	-	1.22	-		
. UFV	-	-	-	-	1.24	-		
. EM (kcal/kg MS)	-	-	-	2900	3270	-		
. Porcs								
. ED (kcal/kg MS)	-	-	-	-	-	-		
. Volailles								
. EM (kcal/kg MS)	-	-	3493	-	-	3573		
<u>Valeur azotée pour les ruminants</u>								
. Solubilité des matières azotées (p.100)	-	-	-	-	-	-		
. PDIA	-	-	-	-	51	-		
. PDIN	-	-	-	-	68	-		
. PDIE	-	-	-	-	105	-		

SOURCE :

1. GOHL (1982)

2. HARTADI et al (1986)

3. HARRIS et al (1982)

4. I.N.R.A. (1988)

5. I.N.R.A. (1984)

II.2.2. Les mélanges

La transformation du riz paddy par décorticage artisanal est encore pratiquée dans de nombreux pays, notamment pour la consommation locale. Les sous-produits sont alors un mélange de sons, de balles et de brisures représentant 30 p.100 du riz entier (Bres, 1982). Dans la pratique, les mélanges sont difficiles à contrôler car la balle est considérée comme un résidu normal de décorticage artisanal et elle est mélangée au son.

Les issues artisanales sont donc plus riches en cendres et en constituants pariétaux que les issues industrielles, et leurs valeurs nutritives, aussi plus variables (tableau 2.5), sont intermédiaires entre les issues obtenues par le pilonnage à la main et par le décorticage industriel.

La valeur nutritive des mélanges obtenus par décorticage artisanal est fonction de leur teneur en fibres (Hartadi et al., 1986). Ces auteurs classent donc les mélanges obtenus par le décorticage artisanal en fonction de ce critère (tableau 2.5), tandis que Harris et al. (1982) classent le son selon la proportion de balles (par exemple sons contenant 10, 20, 30 p.100 de balles etc.).

C'est pour les mélanges que la définition des sous-produits est la plus difficile : le titre du son de riz est utilisé comme critère de qualité pour les sons de riz du commerce (Piccioni, 1965). Il faut entendre par "titre du son" la somme des pourcentages de matières grasses et de matières azotées déterminées par analyse chimique. Le son vierge a un titre compris entre 24 à 26 p.100 et le son dit courant entre 20 à 24 p.100.

II.2.3. La conservation des issues de riz

II.2.3.1. Le rancissement

Les issues de riz, notamment la farine basse et le son se caractérisent par des teneurs élevées en huile rendant leur stockage difficile (Göhl, 1982). En effet, leur richesse en matières grasses, constituées principalement d'acide oléique, les fait rancir rapidement. Ahmed et al. (1982), signalent une augmentation considérable du taux d'acides gras libres après un stockage de trois mois : 42,8 p.100 des acides gras totaux au lieu de 13,2 p.100 dans le produit frais.

De même, Sayre et al. (1987) ont montré qu'au cours de la conservation du son à température ambiante (32°C) pendant six mois, les teneurs en acides gras libres augmentent de 80 p.100. En revanche, pour Zombade et al. (1983) cette augmentation n'a été que de 50 p.100. Ahmed et al. (1982) ont montré avec des volailles que le rancissement n'a pas d'effet

Tableau 2.5 - Composition chimique des issues mélangées obtenues par décortilage artisanal

Cellulose brute (p.100 de M.S.)	6-12 p.100		15-20 p.100		23-27 p.100			
	1	2	1	2	1	2		
<u>Composition chimique (p.100 de MS)</u>								
<u>Cendres</u>	11,7	10,6	14,7	10,1	16,3	17,6		
. Insoluble chlorhydrique	-	-	-	-	-	-		
. Phosphore	1,51	-	1,16	-	1,28	-		
. Calcium	0,12	-	0,23	-	0,23	-		
. Potassium	-	-	1,86	-	2,09	-		
. Magnésium	-	-	1,05	-	1,05	-		
<u>Matières azotées totales</u>								
. Lysine	13,8	13,5	9,9	6,9	7,6	6,5		
. Méthionine	-	-	-	-	-	-		
. Méthionine + cystine	-	-	-	-	-	-		
. Tryptophane	-	-	-	-	-	-		
<u>Constituants pariétaux</u>								
. Cellulose brute	11,6	9,2	19,8	24,3	27,8	27,2		
. NDF	-	-	-	-	-	-		
. ADF	-	-	-	-	-	-		
. Hémicellulose	-	-	-	-	-	-		
. Cellulose	-	-	-	-	-	-		
. Lignine	-	-	-	-	-	-		
<u>Matières grasses</u>								
	14,1	14,9	4,9	6,4	3,7	3,7		
<u>Vitamines (en mg/kg MS)</u>								
. Thiamine								
. Riboflavine								
. Niacine								
<u>Valeur énergétique</u>								
. Ruminants								
. UFL (/kg MS)								
. UFV								
. EM (kcal/kg MS)								
. Porcs								
. ED (kcal/kg MS)								
. Volailles								
. EM (kcal/kg MS)		3170		2580		2270		
<u>Valeur azotée pour les ruminants</u>								
. Solubilité des matières azotées (p.100)								
. PDIA								
. PDIN								
. PDIE								

SOURCE : 1. HARTADI et al (1986)
2. HARRIS et al (1982)

significatif sur la teneur en énergie métabolisable réelle. Ils ont signalé également que le rancissement ne modifie pas l'engraissement des poulets. Par contre, Sanz et al. (1978) rapportent une diminution non précisée de la quantité ingérée par les poulets recevant une farine stockée pendant 77 jours, par rapport à ceux recevant une ration à base de farine fraîche.

Le rancissement peut aussi être responsable d'avitaminoses E et B (Piccioni, 1965).

II.2.3.2. Traitements des issues de riz visant à maintenir leurs valeurs nutritives au cours de la conservation

Comme nous venons de le voir, la valeur nutritive des issues de riz décroît au cours de leur conservation. Les traitements suivants permettent de diminuer ce phénomène.

A - Etuvage

L'étuvage du son est le traitement le plus étudié. Göhl (1982) a observé que la plupart des inhibiteurs chimiques sont inactivés quand le son est chauffé à 200°C pendant dix minutes. Sidhom et al. (1975) rapportent que leurs effets restent modestes après un traitement du son par la chaleur (350°C pendant dix minutes). Une heure de chauffage à 134°C inhibe la production d'acides gras libres pendant le stockage : représentant initialement 4,34 p.100 des acides gras totaux, ils n'en constituent toujours que 5,75 p.100 après deux mois (Sidhom et al., 1975).

Kratzer et al. (1974), Ahmed (1982), montrent que l'étuvage diminue l'activité des lipases responsables du rancissement, selon un mécanisme encore inconnu : un son soumis à une ébullition libre moins d'acides gras libres au cours d'un stockage de six semaines que s'il a été conservé sans traitement (Ahmed, 1982).

B - Traitements chimiques

Les traitements chimiques destinés à améliorer la valeur nutritive des issues de riz, notamment pour les volailles, ne sont pas encore largement appliqués.

Shastri et al. (1971) in Ahmed (1982) ont démontré que l'éthylène diaminetétracétate (EDTA) inhibe l'activité des lipases du son de riz, vraisemblablement par l'inactivation du préoxydant d'ion métal. Par contre Kratzer et al. (1977) ont montré que l'utilisation d'un antioxydant tel que l'éthoxyquin restait sans effet sur le rancissement hydrolytique.

Ahmed et al. (1982), ont à peu près maintenu la proportion d'acides gras libres dans le son durant trois mois. (Variation de 13,7 à 16,1 p.100) en ajoutant de l'EDTA à raison de 0,5 p.100 du poids.

L'effet de l'EDTA est spécifiquement de ralentir le rancissement : en effet, en l'ajoutant à du son ranci, on n'obtient aucun effet sur les performances des poulets et les valeurs de l'énergie métabolisable apparente et réelle ne sont pas significativement différentes entre le son traité à l'EDTA et le son frais témoin.

Il semble nécessaire de mettre au point des méthodes pratiques et d'effectuer des essais d'alimentation afin d'évaluer l'efficacité des traitements ci-dessus.

II.2.4. Amélioration de la valeur nutritive des balles destinées à l'alimentation des ruminants

L'amélioration de la valeur nutritive de la balle peut être réalisée par une complémentation minérale et azotée correcte favorisant l'activité cellulolytique du rumen. On peut également augmenter son ingestibilité et sa digestibilité par des procédés chimiques.

Dans certains pays, la balle sert de litière pour les volailles et peut être utilisée comme fourrage après l'application de traitements chimiques (Joshi, 1983, Singh et al., 1975).

Sing et al. (1975), montrent une augmentation de la digestibilité de la matière sèche, du neutral detergent fibre et de l'acid detergent fibre en traitant cette balle avec de la soude 2 p.100. En 1985, ils ont fait un essai avec de la soude à 5 p.100, et ont observé une diminution de la teneur en cellulose brute de la balle qui est passée de 51 à 47 p.100 de la matière sèche.

Mahmouds et al. (1984), signalent une augmentation de la digestibilité de la matière sèche, de la cellulose brute, du NDF et de l'ADF chez les chèvres en traitant la balle avec de l'urée (77,3 ; 26,3 ; 37,9 et 25,2 p.100 au lieu de 63,9 ; 5,5 ; 20,4 et 3,3 p.100 respectivement).



DEUXIEME PARTIE

**ETUDE EXPERIMENTALE : ANALYSES D'ISSUES DE RIZ
AU LABORATOIRE ET ESTIMATION DE LEUR VALEUR ALIMENTAIRE**



CHAPITRE III
MATERIEL ET METHODE



III.1. ORIGINE ET NATURE DES ECHANTILLONS

Les échantillons étudiés sont constitués de balles, de sons, de farines et de brisures de riz provenant de différentes origines que nous présenterons succinctement ci-dessous:

III.1.1. Echantillons disponibles à l'IEMVT-CIRAD

Les 308 échantillons disponibles à l'IEMVT-CIRAD sont des balles, des sons, des farines et des brisures, mais leur description manque souvent de précision.

Ils proviennent de différents pays tels que le Brésil, le Burkina Faso, le Cameroun, le Congo, la Côte-d'Ivoire, Haïti, Madagascar, le Mali, le Niger, le Sénégal, le Tchad et la Thaïlande. Sur la plupart de ces échantillons ont été dosées les matières azotées totales (MAT), la cellulose brute de Sharrer (CBS) ou de Weende (CBW), les matières grasses (MG), les cendres, l'insoluble chlorydrique, le calcium (Ca), le phosphore (P), le magnésium (Mg) et le potassium (K).

Parmi les plus récents, nous avons choisi 40 échantillons des différents types de produits en vue d'analyses plus complexes.

III.1.2. Echantillons indonésiens

Les quatre échantillons prélevés à Boyolali (Indonésie) sont du son de riz industriel, du son artisanal, de la farine industrielle et de la farine artisanale.

Chaque échantillon résulte du mélange de quatre prélèvements effectués au niveau de quatre districts différents de la ville de Boyolali.

Cette région est représentative du climat tropical humide.

III.1.3. Echantillons sénégalais

Six issues de riz ont été prélevées au Sénégal. Elles sont issues de pilonnage familial en milieu villageois et se caractérisent par des teneurs élevées en balles.

III.1.4. Echantillons malgaches

Les quatorze échantillons d'origine malgache sont des sons de riz provenant de différentes régions. Ils ont des dénominations variables telles que : son artisanal, son industriel, son commercial, son mélangé etc ..

III.1.5. Echantillons du Sud de la France

Les échantillons prélevés au Sud de la France, proviennent du CEEMAT de Montpellier et de la rizerie d'Arles (France-Riz).

III.1.5.1. Décorticage expérimental au CEEMAT

Pour mieux connaître le processus de transformation du riz paddy en riz blanchi qui donne les sous-produits du riz, nous avons effectué un stage au CEEMAT-CIRAD de Montpellier.

La décortiqueuse à rouleaux type CEEMAT est un prototype qui est capable de transformer du riz paddy en riz blanchi en un seul passage (décortiqueur-blanchisseur), figure 3.1, avec un débit de l'ordre de 500 à 600 kg/h (Cruz, 1989, entretien personnel). Elle a un rendement d'usinage d'environ 70 p.100.

Les sous-produits obtenus lors de cette opération sont des mélanges de farine, son et brisure (sortie 15 - figure 3.1) qui sont séparés des balles (sortie 5 - figure 3.1).

Des essais de décorticage ont été réalisés pour tester l'efficacité des rouleaux et pour éventuellement régler leur écartement.

Les résultats de ces essais sont les suivants :

Ecartement des rouleaux en mm	Grains non décortiqués (%)
0.25	12.4
0.30	12.8
0.35	11
0.40	10
0.50	11.5
0.55	12

Source : Cavalier, 1987.

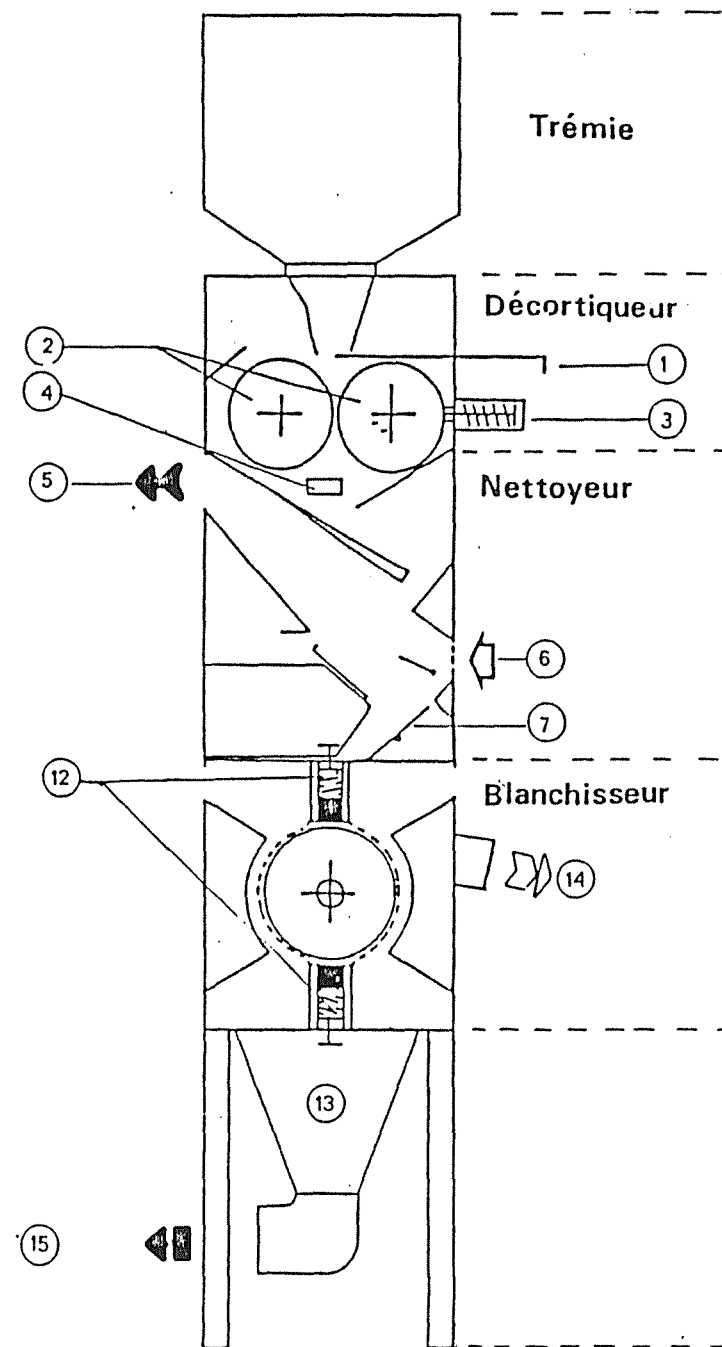
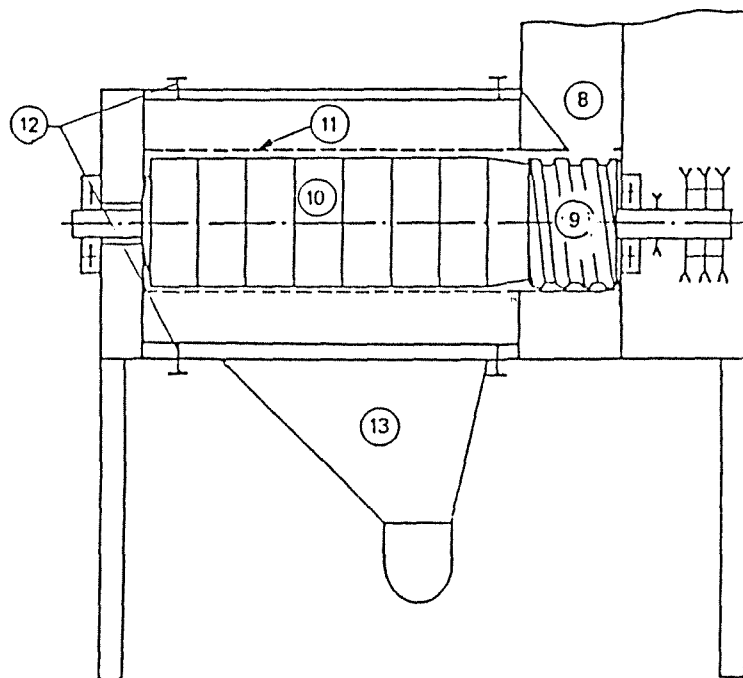
Avec un écartement de 0,4 mm, on obtient le plus faible pourcentage de grains non décortiqués.

Deux échantillons de sons ont été prélevés après réglage de l'écartement des rouleaux à 0,4 et 0,5 mm.

Figure 3.1 - Schéma d'un prototype de décortiqueuse-blanchisseuse (CEEMAT - 1989)

1. Trappe de fermeture d'alimentation
2. Rouleaux de décortication
3. Manette de réglage des rouleaux
4. Amortisseur de chute
5. Sortie "balles"
6. Entrée d'air
7. Volet de réglage du flux d'air
8. Entrée blanchisseur

9. Vis d'alimentation
10. Cylindre abrasif
11. Grille
12. Freins
13. Récupération des sons
14. Sortie "riz blanc"
15. Sortie "sons"



III.1.5.2. Rizerie (France-Riz)

La société France-Riz se situe à Arles, au Sud de la France et est organisée en coopérative. Son équipement moderne permet de fabriquer des produits de qualité standard.

Elle fabrique du riz étuvé pour couvrir la demande nationale et pour exporter.

Les sous-produits du riz obtenus dans cette rizerie sont des farines du 1er, 2e, 3e et 4e cône. Cependant, ils sont vendus sous forme d'un mélange appelé son de riz.

Les prélèvements des issues du 1er, 2e, 3e et 4e, de leur mélange et de la balle ont été effectués pour connaître la valeur nutritive des issues aux différents niveaux.

III.2. METHODE D'ANALYSE DES ISSUES DE RIZ APPLIQUEES AU LABORATOIRE

III.2.1. Détermination du taux de balle

. Méthode colorimétrique (Tangendjaya, 1987)

L'estimation des quantités de balles est basée sur une propriété chimique de la lignine qui se colore au contact du phloroglucinol.

Pour 100 ml de solution réactive, il faut :

- 1 g de phloroglucinol ;
- 80 ml d'acide chlorohydrique ;
- 20 ml d'éthanol à 95 p.100.

Dans un premier temps, les échantillons de son pur et de balles sont mélangés de façon à atteindre des proportions de balles de 0,5, 10, 20, 30, 40, 50 et 60 p.100 servant à constituer une gamme d'échantillonnage.

Un gramme d'échantillon est placé dans une boîte de pétri (50 mm) dans laquelle on ajoute 2 ml de réactif. S'il contient de la balle, une couleur rose va apparaître en deux à cinq minutes (annexe 2).

L'estimation de la proportion de balles a été réalisée par trois opérateurs par comparaison à la gamme d'échantillonnage. Les résultats finaux présentés sont les valeurs moyennes obtenues par les trois opérateurs.

. Méthode micrographique

La méthode microscopique permet, grâce à sa précision de confirmer l'examen direct à l'oeil nu. Elle est basée sur la comparaison de structures histologiques des aliments étudiés à celle d'un matériel de référence (Henry et Ferrando, 1981). Elle comprend habituellement deux étapes :

d'une part, l'étude des caractéristiques physiques à l'oeil nu ou à un faible grossissement ($\times 8$ à $\times 50$)

et d'autre part, l'examen de la structure cellulaire à fort grossissement ($\times 100$ à $\times 500$).

La première étape dépend essentiellement de l'aptitude du technicien à identifier un produit d'après sa forme, sa couleur, son odeur, sa texture etc., et la deuxième, qui requiert une aussi bonne connaissance des matières premières, nécessite aussi une bonne mémorisation des structures cellulaires. Elle est la seule utilisable quand les produits à examiner sont finement broyés (Gillet, 1989 entretien personnel).

III.2.2. Analyses chimiques

Les méthodes d'analyse chimique classique sont celles préconisées par l'AFNOR (1980).

III.2.2.1. Matière sèche

Les échantillons (2 g) sont placés dans une étuve réglée à 103°C pendant 24 heures. La perte de poids qui en résulte correspond à l'humidité de l'échantillon et permet de calculer la teneur en matière sèche (MS) par différence :

$$\text{MS} = 100 - p.100 \text{ d'humidité.}$$

III.2.2.2. Cendres et minéraux

Les cendres ou matières minérales obtenues après calcination, sont ensuite utilisées pour le dosage de l'insoluble chlorhydrique. Les éléments majeurs sont dosés à partir de cendres obtenues dans les mêmes conditions (1 g échantillon) puis solubilisées dans une solution d' HNO_3 .

III.2.2.3. Matière organique

La teneur en matière organique (MO) est déterminée par différence $\text{MO} = \text{MS} - \text{cendres}$.

III.2.2.4. Matière grasse

Les matières grasses ou extrait éthéré (MG) sont déterminées par l'action de l'éther diéthylique sur le produit (5 g) placé dans une cartouche à extraction pendant six heures. L'extrait est recueilli dans un ballon préalablement séché dans une étuve à 103°C puis taré (P1). Après extraction, le ballon est remis dans l'étuve à la même température pendant une nuit, puis pesé (P2). La différence de poids (P2 - P1) constitue l'extrait éthéré exprimé en p.100 de la matière sèche.

III.2.2.5. Matières azotées

. Matières azotées totales

Les matières azotées totales (MAT) sont déterminées selon la méthode de kjeldahl qui consiste à minéraliser le produit par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur (K_2SO_4/HgO dans un rapport de 10/1). Le minéralisat est alcalinisé par une solution de soude à 40 p.100. L'ammoniac libéré est entraîné par distillation et recueilli dans un excès d'acide borique, puis titré par l'acide sulfurique 0,1N.

. Azote soluble

La solubilité de l'azote (S) a été mesurée par la méthode de Madame Durand (Demarquilly et Vérité - 1978) afin de prévoir la solubilité des matières azotées dans le rumen à partir d'une mesure simple utilisant une solution inerte.

Elle consiste à agiter le produit à analyser dans un solvant (salive artificielle) à base de bicarbonate et de phosphate de sodium à pH 6,9 pendant deux fois une heure, puis à déterminer la proportion d'azote solubilisée.

Pour un litre de solution, il faut :

7,12 g de $Na_2HPO_4 \cdot 12 H_2O$

9,24 g de $NaHCO_3$

0,47 g de NaCl

0,45 g de KCl

La solution est saturée en CO_2 avant son emploi jusqu'à ce que le pH avoisine 6,9.

L'échantillon est traité par la salive artificielle (50 ml) sur un agitateur magnétique pendant une heure à température ambiante. Il est ensuite centrifugé pendant quinze

minutes à 2 500 - 3 000 trs/mn. Le filtrat est recueilli dans une fiole de 100 ml. L'opération est recommencée, ce résidu (40 ml) et le filtrat sont récupérés dans la même fiole. On ajuste à 100 ml avec la solution de base.

Le filtrat est récupéré et minéralisé, puis distillé pour la détermination de l'azote selon la méthode Kjeldahl. Le résultat est exprimé en p.100 de l'azote total.

III.2.2.6. Constituants pariétaux

Les constituants pariétaux ont été dosés par les méthodes de Weende et de Van Soest.

. Cellulose brute de Weende

La cellulose brute de Weende (CB) constitue le résidu organique obtenu par deux hydrolyses sur 1 g d'échantillon. La méthode de Weende consiste à traiter successivement le produit par des solutions bouillantes d'acide sulfurique (0,26 N) et d'hydroxyde de potassium (0,25 N).

Le résidu est récupéré par filtration sur papier préalablement taré (P1) qui est lavé, séché à l'étuve (103°C) pendant une nuit puis pesé (P2). Il est ensuite calciné à 520°C. La différence P2 - P1 diminuée des cendres correspond à la cellulose de Weende.

Cette méthode présente des limites car en moyenne, 80 p.100 des hémicelluloses et 50 à 90 p.100 de la lignine sont dissous par les deux hydrolyses (acide et alcaline), et de ce fait sont assimilés à une partie de l'ENA, qui est en conséquence surestimé (Van Soest et Mc Queen, 1973).

. Méthode gravimétrique de Van Soest (tableau 3.3)

Plusieurs techniques gravimétriques ont été proposées pour séparer les différents constituants pariétaux. Celles de Van Soest sont les plus utilisées actuellement en raison de leur simplicité et de leur rapidité :

- Neutral detergent fiber (NDF)

Le résidu paroi cellulaire (NDF) est obtenu par l'action combinée, en milieu neutre et tamponné, d'un détergent (le laurylsulfate de sodium) qui élimine l'essentiel du contenu cellulaire, en particulier les protéines et les complexes tanins-protéines, et d'EDTA qui solubilise les substances pectiques (Robertson et Van Soest, 1981 in Giger et al., 1987).

Tableau 3.1. Mode opératoire d'analyse semi-automatique des aliments à l'aide de détergents (d'après Giger et al. 1978 : méthode appliquée au fibertec)

D) - Méthode de VAN SOEST et
WINE (1967)

Pesée de 1 g d'échantillon (PES)

↓
Extraction à reflux pendant 60 mn
avec 100 ml de **solution détergent neutre**

Filtration, rinçage du résidu à l'eau bouillante
puis à l'acétone

Séchage à 103°C (poids constant) - Pesée (P₁)

↓
Minéralisation à 550°C - Pesée (P₂)

$$\text{NDF (\% MS)} = (P_1 - P_2) \times 100 / \text{PES}$$

(Méthode appliquée au FIBERTEC)

E) - Méthode de VAN SOEST (1963)

Pesée de 1 g d'échantillon (PES)
(au reprise du résidu NDF)

↓
Extraction à reflux pendant 60 mn
avec 100 ml de **solution détergente acide**

Filtration, rinçage du résidu à l'eau bouillante
puis à l'acétone

Séchage à 103°C (poids constant) - Pesée (P₁)

Minéralisation à 550°C - Pesée (P₂)

↓
Extraction à température ambiante pendant 3 heures
avec de l'**acide sulfurique 72% (P/P)**

Filtration, rinçage du résidu à l'eau bouillante

Séchage à 103°C (poids constant) - Pesée (P₃)

↓
Minéralisation à 550°C - Pesée (P₄)

$$\text{ADF (\% MS)} = (P_1 - P_2) \times 100 / \text{PES}$$

$$\text{ADL (\% MS)} = (P_3 - P_4) \times 100 / \text{PES}$$

$$\text{Hémicellulose} = \text{NDF} - \text{ADF}$$

$$\text{Cellulose} = \text{ADF} - \text{ADL}$$

(Méthode appliquée au FIBERTEC)

Dans le cas des aliments concentrés, les traitements enzymatiques sont indispensables pour permettre de diminuer la contamination des parois cellulaires sans entraîner la solubilisation d'une partie de leurs constituants. Certains problèmes techniques sont ainsi résolus notamment la filtration.

L'échantillon est traité au détergent neutre par ébullition pendant une heure. Le traitement thermique, au milieu duquel on ajoute 1 ml d'amylase permet de solubiliser les polymères non celluloses du glucose. Le résidu est récupéré par filtration sur creuset en verre fritté de porosité deux préalablement taré. Il est ensuite rincé plusieurs fois à l'eau chaude, puis une fois à l'acétone et mis à sécher une nuit à l'étuve à 103°C. Le résidu sec obtenu correspond au NDF et aux cendres qui sont déduites du résidu brut après calcination à 550° C, on obtient ainsi le NDF exprimé en p.100 de la MS.

- Acid detergent fiber (ADF)

La teneur en ligno-cellulose, mesurée par la méthode au détergent acide de Van Soest, correspond au résidu obtenu après hydrolyse dans une solution contenant de l'acide sulfurique (0,5 N) et du céthyltriméthyl ammonium bromure. Les cendres sont déduites du résidu après calcination.

L'échantillon est traité par une solution à base de CTAB et d'H₂ SO₄ IN qui permet d'hydrolyser les constituants cytoplasmiques, les hémicelluloses et les protéines. Après une heure d'ébullition, le résidu est recueilli dans un creuset comme précédemment et bien rincé à l'eau chaude. Le résidu correspond à l'ADF plus les cendres exprimées en p.100 de la matière sèche. La teneur en ADF déminéralisée est obtenu par déduction des cendres.

- Acid detergent lignin (ADL)

Cette méthode consiste en un traitement à la solution de détergent comme pour la lignocellulose, le résidu est ensuite traité à l'H₂ SO₄ à 72 p.100 (densité 1, 638) pendant trois heures, rincé plusieurs fois à l'eau chaude et sèche une nuit à l'étuve. Après calcination pendant huit heures au four à la température maximale de 500°C, le résidu permet d'obtenir l'ADL déminéralisée.

. Parois végétales insolubles dans l'eau (Carré, 1989)

On peut mesurer les parois végétales insolubles dans l'eau (cellulose, hémicellulose et substances pectiques insolubles dans l'eau, lignine et protéines constitutives des parois cellulaires végétales).

La prise d'échantillon de 1 g est placée dans un tube muni d'un barreau aimanté.

L'amidon est solubilisé par empesage et dégradé à l'aide d'une α - amylase thermostable à la température de 95°C et au pH de 5,6 pendant dix minutes. Ensuite, les protéines sont

solubilisées par un détergent et dégradées par une protéase à 40°C et à PH 7,5 pendant une heure.

La suspension est filtrée dans un creuset contenant 0,5 g de terre de diatomées, et le filtrat subit différents rinçages :

- avec 100 ml d'eau distillée ;
- puis deux rinçages avec 20 ml de méthanol ;
- enfin avec le mélange chloroforme-méthanol qui est laissé en contact pendant cinq minutes afin de solubiliser les lipides.

Après une nouvelle filtration, le résidu est rincé avec 20 ml d'acétone, mis à sécher pendant une nuit et incinéré dans un four à 500°C pendant deux heures, avant et après l'incinération est pesé, ce qui permet d'obtenir la teneur en parois insolubles dans l'eau exprimée en pourcentage de la matière brute.

III.2.2.7. Glucides cytoplasmiques

- Dosage des sucres (Afnor)

Cette manipulation permet de doser les sucres réducteurs et les sucres totaux.

Ils sont dissous dans l'éthanol dilué, la solution est déféquée au moyen des réactifs de Carrez I et II. Après élimination de l'éthanol, les dosages sont effectués avant et après inversion, selon la méthode Bertrand.

Carrez I

Solution aqueuse contenant de l'acétate de zinc (24 p.100) et acide acétique glacial (3 p.100).

Carrez II

Solution aqueuse contenant 10,6 p.100 de ferrocyanure de potassium.

La prise d'échantillon à analyser (10 g) est introduite dans un ballon jaugé de 250 ml. On ajoute 200 ml d'éthanol à 40 p.100 et on mélange pendant une heure avec le culbuteur. Ajouter 5 ml de solution de Carrez I et agiter pendant une minute, ajouter ensuite 5 ml de solution de Carrez II et agiter à nouveau pendant une minute. Porter au volume avec de l'éthanol, homogénéiser et filtre et prélever 200 ml de filtrat. Il faut ensuite évaporer environ la moitié du volume afin d'éliminer la majeure partie de l'éthanol. Le résidu

d'évaporation sera transvasé quantitativement à l'aide d'eau chaude, dans une fiole jaugée de 200 ml, refroidi, porté au volume avec de l'eau, homogénéisé et filtré si nécessaire. Cette solution sera utilisée pour le dosage des sucres totaux.

Le résultat est exprimé en équivalent glucose en pour cent de la matière sèche.

- Dosage de l'amidon par voie enzymatique

Cette méthode consiste en une dispersion de l'amidon par un traitement à acide benzoïque 1 p.100 suivi d'un passage à l'autoclave puis d'une hydrolyse par l'amyloglucosidase. Après dégradation par cette enzyme, l'amidon est transformé en glucose qui sera dosé par la méthode UV de Boehringer.

La prise d'échantillon de 500 mg est placée dans un erlenmeyer, additionnée d'acide benzoïque et portée à ébullition pendant trois minutes pour que les grains d'amidon éclatent et que les chaînes d'amylose et d'amylopectines soient détruites. Les erlens sont ensuite autoclavés à 130°C pendant une heure.

A la sortie de l'autoclave la mousse est rincée avec de l'acide benzoïque et les erlens sont laissés à refroidir légèrement. Après ajustement du volume à environ 50 ml avec le même acide, la dégradation enzymatique s'effectue dans du tampon acétate, sous agitation lente et au bain-marie à 55°C pendant deux heures.

On procède à la précipitation des protéines par les réactifs de Carrez I et II en milieu sodique. On complète à 250 ml avec de l'eau distillée et on homogénéise par agitation. On laisse un peu décanter puis une partie est filtrée pour le dosage du glucose par la méthode UV de Bohringer à l'aide d'un spectrophotomètre à 340 nm

Les résultats sont exprimés en gramme de glucose/l de solution échantillon.

III.2.3. Mesure de la teneur en énergie brute (Prolabo)

Cette méthode permet de mesurer la quantité de chaleur dégagée au cours de la combustion d'un produit.

La prise d'essai (1,5 g), est placée dans une cupule et reliée par un fil de coton et du fil métallique de mise à feu à deux électrodes. L'ensemble est placé dans la bombe (capacité 350 cm³) que l'on remplit d'oxygène (25 bar), elle même placée ensuite dans un seau contenant 2 400 g d'eau, (ce calorimètre est absolument adiabatique).

On relève la température de l'eau à l'équilibre, puis on effectue la mise à feu. Au retour à l'équilibre, on obtient la température qui correspond au dégagement de chaleur de la combustion de l'échantillon.

Après vidange de l'oxygène, on rince la bombe à l'eau distillée pour récupérer les résidus de combustion, permettant après titration, de corriger la formation d'acide (a).

Une correction tient également compte des chaleurs parasites (b, fil de coton et fil métallique). Une fois ces valeurs obtenues, on applique la formule suivante, donnant l'énergie brute en kcal/kg MS

$$Po = E (tf - ti) - (a + b)$$

E = "équivalent en eau" en kcal de l'ensemble formé par la bombe et le seau calorimétrique muni de son agitateur et de son chauffage

tf et ti = températures finales et initiales.

III.2.4. Mesure de la dégradabilité enzymatique

. de la matière organique par la pepsine cellulase (INAPG)

La méthode de mesure de la dégradabilité de la matière organique des aliments concentrés a été mise au point en simplifiant au maximum le travail. La méthode enzymatique adoptée est celle de l'INPG (1984). Elle comprend trois étapes :

- L'empesage

La prise d'échantillon à analyser est placée dans un tube à centrifuger de 100 ml muni d'un bouchon. Elle est empesée au bain-marie à 70°C pendant dix minutes dans 25 ml d'eau distillée. Après l'empesage, le tube est refroidi à température ambiante.

- Traitement au mélange glucolytique

Après adjonction de 24 ml de la préparation enzymatique glucolytique (mélange : amylase, cellulase, hémicellulase), le tube est agité lentement puis incubé 25 heures dans un bain-marie thermostaté à $39 \pm 1^\circ\text{C}$ incubation au cours de laquelle, il subit deux agitations lentes.

Le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau chaude (80°C) et le tube est centrifugé dix minutes à 3 000 tours et le surnageant est prélevé.

- Traitement à la pepsine chlorhydrique

Après le prélèvement du surnageant, on ajoute 50 ml de la solution de pepsine - chlorhydrique. Le tube est agité lentement et incubé vingt-quatre heures au bain-marie à 39°C .

. de la matière azotée par la protéase (Aufrère, 1989)

Cette méthode consiste en une mesure de la dégradabilité de l'azote par la protéase de *Streptomyces griseus* (sigma type IV, no P - 5147 à la soude d'1 mg pour 500 mg d'échantillon) de tampon borate phosphate à pH 8 au bain-marie à 40°C .

Les tubes sont agités manuellement toutes les heures.

Elle est utilisée pour déterminer la cinétique de disparition de l'azote en 1 h et en 24 h. A la fin de chacune de ces périodes, l'échantillon est centrifugé (5 mn à 3 000 tours) puis filtré. Le tube est rincé une fois avec de l'eau distillée ainsi que l'entonnoir après enlèvement du filtre.

Le dosage de l'azote est effectué sur le surnageant par la méthode de Kjeldhal. Les valeurs sont rapportées à la teneur en azote total.

III.3. METHODES D'ESTIMATION DE LA VALEUR ENERGETIQUE ET AZOTEE DES ISSUES DE RIZ A PARTIR DE L'ANALYSE

Remarque : la valeur azotée n'a été estimée que pour les ruminants. Pour les monogastriques, seule la teneur en protéines brutes a été mesurée et les teneurs en acides aminés peuvent être calculées à partir des données bibliographiques.

III.3.1. Valeur énergétique pour les porcs

Les équations de prédiction proposées ou rapportées par Henry et Perez (1982), ont été appliquées.

La teneur en énergie brute a été soit mesurée (cf. 3.2.3. page 68) soit estimée d'après l'équation de Schiemann (1971). Il n'existe pas pour cette équation de terme correctif (Δ) spécifique des issues de riz. Aussi l'a-t-on estimé nul d'après nos résultats expérimentaux (cf. IV.2.6).

La digestibilité de l'énergie (DE) a été estimée d'après l'équation de Henry, 1976, valable par les aliments simples et les aliments composés (Henry et Perez, 1982).

$$DE = 96,3 - 1,39 \text{ ADF} - 0,56 (\text{NDF} - \text{ADF})$$

pour des teneurs en NDF, ADF exprimées en p.100 de matière sèche.

La teneur en énergie digestible (en Kcal/kg de matière sèche) a été déduite du calcul :

$$ED = EB \times DE$$

III.3.2. Valeur énergétique pour les volailles

Faute d'équation valable pour l'ensemble des issues de riz, nous avons appliqué des équations mises au point soit pour des farines basses de riz (teneur en cellulose brute inférieure à 11 p.100 de matière sèche, Janssen, 1988), soit pour d'autres issues de céréales (Carré, 1988), soit pour des aliments composés.

Nous sommes conscient des erreurs d'estimation que nous avons ainsi risqué, ces calculs permettent toutefois de comparer entre elles les issues de riz. Des estimations plus fiables nécessiteraient des essais in vivo sur quelques échantillons, essais que nous n'avons pas effectués.

Les équations appliquées sont regroupées dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2 - Equations d'estimation de la teneur en énergie métabolisable pour volailles retenues dans le cadre de l'étude des issues de riz

Type d'aliment	EM en kcal/ kg MS MM, MAT, CB, MG, PAR en g/kg MS	Références
Issues de riz CB \leq 150 g/kg MS	EM = 4283 - 16,9 CB \pm 371	JANSSEN et CARRE (1985)
Issues de riz CB \leq 110 g/kg MS	EMA = 4675 - 4,675 MM - 6,96 MAT + 4,3 MG - 8,2 CB	JANSSEN (1988)
Son de blé et corn gluten feed	EM = 3887 - 5,16 MM - 3,75 PAR	CARRE (1988)

CHAPITRE IV

RESULTATS



IV.1. OBSERVATIONS GENERALES SUR LES DONNEES ET LEUR INTERPRETATION

Le fichier de données utilisé correspond à 308 échantillons. La comparaison de la composition de nombreux échantillons aux données bibliographiques montre que leur dénomination par les expéditeurs en balles, sons, farines basses etc. est souvent imprécise. Après avoir éliminé 17 échantillons aux compositions aberrantes (teneurs en cendres et en azote très élevées par exemple), nous avons procédé à l'aide d'un logiciel STATITCF à une classification automatique des échantillons en fonction de leurs teneurs en cendres (MM), en matière grasse (MG), en matières azotées (MAT) et en cellulose brute (CB). La méthode utilisée est la classification ascendante hiérarchique basée sur la distance euclidienne.

Le programme ne pouvant fonctionner qu'avec un maximum de 150 données, nous avons divisé le fichier en trois sous-fichiers. Les classes définies par les trois traitements ont des caractéristiques très proches entre elles (tableau 4.1), nous avons donc admis que nous pourrions les juxtaposer. Les cinq classes constituées ont des caractéristiques moyennes qui permettent de les identifier aux sousproduits du riz décrits dans la bibliographie (tableau 4.1).

Les teneurs en MM, MAT, MG et CB ont été déterminées pour tous les échantillons, en revanche, les autres analyses n'ont été effectuées que sur des sous ensembles souvent différents d'un critère à l'autre. Il a donc fallu constituer de nombreux sous fichiers tant pour étudier chacun des critères analytiques que pour étudier les relations pouvant exister entre eux. L'ensemble des traitements statistiques (moyenne, écart-type, corrélation, régression ...) a été réalisé à l'aide du logiciel STATITCF.

IV.2. COMPOSITION CHIMIQUE ET DEGRADABILITE ENZYMATIQUE DES ISSUES DE RIZ.

IV.2.1. Cendres et minéraux (tableau 4.2.)

Les teneurs moyennes en cendres des balles et sons forts sont proches de 20 p.100 de MS, un peu plus élevées pour les sons forts. Dans les sons fins, elles constituent 14 p.100 de MS alors que dans des sons de blé, par exemple, il n'y a que 6 p.100 de cendres. Les farines basses ont aussi, conformément à la bibliographie (INRA, 1988 par exemple) des teneurs

Tableau 4.1 - Effectifs (N) et caractéristiques des classes d'échantillons constituées à l'aide du programme de classification automatique de STAT-ITCF (classification progressive ascendante distance euclidienne) : moyennes (\bar{x}), écart-types (E.T.) et valeurs extrêmes (min. max.) des teneurs en MM, MAT, MG, CB (p.100 de MS) des groupes

Classe Dénomination	*	N	M.M.				C.B.				M.G.				M.A.T.			
			\bar{x}	ETR	min	max	\bar{x}	ETR	min	max	\bar{x}	ETR	min	max	\bar{x}	ETR	min	max
BALLE	1	4	20.0	6.8	12.6	26.2	49.3	1.8	46.9	51.2	0.6	0.2	0.3	0.9	2.3	0.7	1.6	3.1
	2	2	17.6	0.1	17.5	17.6	49.9	3.6	47.5	52.5	2.1	0.3	1.9	2.3	4.5	3.4	2.1	6.9
	3	3	17.1	2.0	14.9	18.8	47.1	4.7	42.5	51.9	1.2	0.6	0.7	1.9	2.7	0.9	1.8	3.6
SON FORT	1	13	16.5	4.2	8.1	24.4	31.7	4.8	25.4	40.5	4.9	2.0	0.9	0.6	0.4	2.9	5.4	15.6
	2	26	18.6	3.3	10.1	25.1	32.8	4.2	25.5	40.2	5.2	1.9	0.9	7.9	6.8	1.8	3.3	10.8
	3	44	20.3	4.1	11.6	32.8	31.5	4.8	19.9	40.3	5.1	1.5	2.1	9.9	6.9	1.1	5.0	10.3
SON FIN	1	6	15.5	1.4	13.8	17.8	19.9	1.5	18.4	21.9	10.5	2.1	6.9	13.2	10.6	3.0	6.3	14.3
	2	10	14.4	4.3	8.0	22.5	18.9	2.6	12.5	22.1	7.7	4.1	3.1	14.5	9.9	1.9	6.9	13.5
	3	18	13.4	3.0	9.3	20.1	18.2	3.5	11.2	24.3	10.6	4.1	4.3	17.2	12.1	2.3	8.5	16.7
FARINE	1	59	9.7	1.9	6.5	14.9	10.7	2.9	5.0	20.8	17.2	2.9	0.8	22.2	15.6	2.2	10.0	21.5
	2	62	10.1	3.0	3.8	18.7	10.2	3.9	2.7	19.9	15.9	4.0	6.4	24.4	12.8	2.2	7.7	19
	3	37	9.9	2.4	5.2	15.4	9.0	2.9	2.8	14.9	17.4	3.7	11.5	28.3	14.6	2.0	11.2	19.6
BRISURE	1	23	4.0	2.5	0.1	9.9	4.1	3.1	0.5	11.9	5.6	4.1	0.6	12.8	12.5	3.1	7.3	17.0
	2	9	1.7	0.6	0.7	2.5	2.4	1.4	0.4	5.3	2.0	1.0	0.7	3.9	0.8	2.4	5.6	13.4
	3	6	4.4	2.2	1.4	7.1	4.4	2.8	2.2	9.5	4.9	2.6	0.9	7.9	11.9	2.1	8.1	13.5

* n° traitement

Tableau 4.2 - Valeurs moyennes et extrêmes et écarts-types des teneurs en constituants minéraux des issues de riz
(p.100 de MS)

		Cendres	Insoluble chlorhydrique	Ca	P	Mg	K
BALLE	\bar{x}	<u>18,5</u>	<u>16,6</u>	<u>0,09</u>	<u>0,61</u>	<u>0,09</u>	<u>0,37</u>
	Sd	4,5	4,8	0,04	1,46	0,14	0,16
	Max	26,2	24,9	0,14	4,46	0,44	0,67
	Min	12,6	11,8	0,05	0,03	0,03	0,17
	n	9	9	9	9	8	8
SON FORT	\bar{x}	<u>19,2</u>	<u>15,5</u>	<u>0,1</u>	<u>0,49</u>	<u>0,25</u>	<u>0,68</u>
	Sd	4,1	3,8	0,03	0,19	0,10	0,21
	Max	32,8	25,4	0,3	1,49	0,75	1,57
	Min	8,1	5,3	0,05	0,05	0,09	0,26
	n	83	82	82	82	73	73
SON FIN	\bar{x}	<u>14,0</u>	<u>8,2</u>	<u>0,08</u>	<u>1,08</u>	<u>0,51</u>	<u>1,2</u>
	Sd	3,3	3,1	0,02	0,05	0,20	0,83
	Max	22,5	16,2	0,12	2,30	0,96	5,18
	Min	8,0	1,2	0,03	0,11	0,09	0,32
	n	34	34	31	31	30	30
FARINE	\bar{x}	<u>9,9</u>	<u>2,1</u>	<u>0,09</u>	<u>1,60</u>	<u>0,78</u>	<u>1,44</u>
	Sd	2,5	2,0	0,13	0,52	0,23	0,35
	Max	18,7	8,5	1,22	2,94	1,97	2,09
	Min	3,8	0,2	0,004	0,12	0,22	0,13
	n	158	158	158	157	148	150
BRISURES	\bar{x}	<u>3,5</u>	<u>0,7</u>	<u>0,05</u>	<u>0,62</u>	<u>0,29</u>	<u>0,61</u>
	Sd	2,3	0,7	0,03	0,44	0,21	0,41
	Max	9,9	2,9	0,13	1,64	0,66	1,99
	Min	0,6	0,02	0,01	0,11	0,04	0,14
	n	38	37	38	38	33	32

en cendres (10 p.100 de MS) supérieures à celles des autres issues de céréales. Seules les brisures avec 3,5 p.100 de MS ont une teneur en cendres faible.

Dans les balles, les sons forts et les sons fins 90, 80 et 60 p.100 respectivement des cendres sont constitués d'insoluble chlorhydrique. Ce taux n'est que de 20 p.100 dans les farines basses et les brisures.

Le calcium est plus abondant dans les issues de riz comme dans les autres sous-produits des céréales. Les valeurs moyennes des teneurs en Ca sont peu différentes entre les groupes.

Le phosphore en revanche est présent en plus grande quantité surtout dans les farines basses où des teneurs atteignant 20 g/kg MS ont été mesurées. Signalons, cependant que les teneurs les plus élevées notamment dans les balles (45 g/kg MS) semblent peu probables et que des vérifications devraient être entreprises (histogramme des fréquences par groupes d'échantillons, contrôle de résultats etc.).

Les teneurs les plus élevées en Mg et K ont été mesurées dans les farines basses mais ces éléments sont rarements limitants en alimentation animale.

Conclusion :

Les teneurs en cendres, très variables d'un groupe d'issues à l'autre, ne reflètent pas les teneurs en minéraux utiles : les teneurs en Ca varient peu en fonction du type de produit et celles en P sont plus élevées dans les farines basses. La variabilité des teneurs en Ca, P à l'intérieur de chaque groupe mériterait une étude plus approfondie.

IV.2.2. Constituants pariétaux

IV.2.2.1. Teneurs en CB, NDF, ADF, ADL et PAR.

La teneur en CB est un des quatre critères de classification des échantillons. Pour les échantillons qui ont été analysés par la méthode de Sharrer on a estimé la teneur en cellulose brute de Weende par la relation liant ces deux critères (cf. ci-dessous IV.2.2.2.1.).

Les cinq groupes d'échantillons issus de la classification se distinguent bien en fonction de leurs teneurs en constituants pariétaux, quel que soient les méthodes employées et les composés analysés (tableau 4.3.).

Tableau 4.3 - Valeurs moyennes et extrêmes et écarts-types des teneurs en constituants organiques des issues de riz
(p.100 de MS)

		MO	Constituants pariétaux						MG	MAT	ENA	AMIDON (1)
			CBw	CBs	NDF	ADF	ADL	PAR				
BALLE	\bar{x}	<u>81.5</u>	<u>44.7</u>	<u>38.7</u>	<u>70.7</u>	<u>52.2</u>	<u>16.5</u>	<u>72.1</u>	<u>1.2</u>	<u>3.0</u>	<u>35.0</u>	
	Sd	4.5		1.7					0.8	1.6	-	
	Max	87.4	46.9	40.8	73.9	55.8	17.5	76.5	2.3	6.9	38.3	
	Min	73.7	42.5	36.4	67.6	48.7	15.2	67.6	0.3	1.6	31.7	
	n	9	2	7	2	2	2	2	8	9	2	
SON FORT	\bar{x}	<u>80.8</u>	<u>33.0</u>	<u>24.4</u>	<u>53.7</u>	<u>37.0</u>	<u>12.2</u>	<u>47.8</u>	<u>5.1</u>	<u>7.1</u>	<u>36.3</u>	<u>11.6</u>
	Sd	4.1	4.5	4.0	7.1	5.1	2.6	4.9	1.7	1.8	4.7	9.8
	Max	91.9	40.3	32.2	69.8	47.0	17.5	52.6	10.0	15.6	50.0	26.1
	Min	67.2	20.0	16.0	38.8	23.3	1.3	40.5	1.0	3.3	26.9	0.9
	n	83	40	58	37	37	37	6	83	83	36	5
SON FIN	\bar{x}	<u>85.9</u>	<u>17.8</u>	<u>14.9</u>	<u>35.0</u>	<u>19.6</u>	<u>6.7</u>	<u>33.4</u>	<u>9.7</u>	<u>11.2</u>	<u>43.6</u>	<u>13.7</u>
	Sd	3.3	3.7	1.8	5.8	3.4	1.2	6.7	4.0	2.5	6.2	5.5
	Max	91.9	22.5	18.7	45.7	24.7	8.5	40.3	17.2	16.7	51.8	17.6
	Min	77.5	11.2	9.5	26.7	12.2	3.7	22.2	3.11	6.3	35.5	9.8
	n	34	12	28	12	12	12	5	34	34	11	2
FARINE	\bar{x}	<u>90.1</u>	<u>8.8</u>	<u>7.9</u>	<u>28.5</u>	<u>11.1</u>	<u>3.8</u>	<u>26.8</u>	<u>16.7</u>	<u>14.3</u>	<u>47.9</u>	<u>20.0</u>
	Sd	2.5	4.4	2.6	8.2	5.4	2.0	17.1	3.6	2.5	10.4	11.0
	Max	96.2	19.9	16.4	46.4	21.7	7.9	62.8	28.3	21.5	63.3	36.3
	Min	81.3	2.8	1.9	14.2	1.7	0.7	10.0	6.4	7.7	28.9	6.5
	n	158	23	142	17	17	16	10	158	158	17	8
BRISURE	\bar{x}	<u>96.4</u>	<u>3.8</u>	<u>2.9</u>	<u>15.2</u>	<u>2.0</u>	<u>1.0</u>	<u>3.7</u>	<u>4.6</u>	<u>11.5</u>	<u>87.4</u>	<u>49.9</u>
	Sd	2.3	3.9	2.1	3.7	1.4	0.7	2.9	3.6	3.2	-	26.2
	Max	99.4	9.5	9.0	19.3	3.6	1.8	7.0	12.8	17.0	87.5	68.4
	Min	90.1	0.4	0.1	12.2	0.9	0.4	1.7	0.6	5.6	87.3	31.4
	n	38	4	36	3	3	3	3	38	38	2	3

(1) Valeur indicative

En revanche, la variabilité à l'intérieur des groupes est faible, comme en témoignent les écarts types des constituants pariétaux des balles et des sons. Les coefficients de variation sont bien sûr plus élevés pour les farines basses et les brisures en relation avec le niveau peu élevé des teneurs en constituants pariétaux.

IV.2.2.2. Relations entre les teneurs en constituants pariétaux

Suivant le niveau d'équipement et de technicité des laboratoires ou l'espèce animale considérée, tel ou tel dosage des constituants pariétaux est effectué. Or, les regroupements de résultats en vue d'une étude par produit, comme celle qui est présentée ici, ou encore, l'application d'équations de prévision de la valeur alimentaire font souvent appel à d'autres résultats. Il est donc utile de disposer d'équations de passage d'un critère pariétal à un autre.

IV.2.2.2.1. Relations entre les teneurs en cellulose brute de Weende et cellulose brute de Sharrer

Le dosage de la cellulose brute par la méthode de Sharrer (CBS) a été appliqué à l'IEMVT jusqu'en septembre 1980. La valorisation des résultats d'analyses correspondant aux échantillons anciens nécessite d'estimer leurs teneurs en cellulose brute de Weende (CBW). Les deux dosages ayant été effectués sur 30 échantillons, on en déduit la relation suivante :

$$CBW = 1,279 \text{ CBS} + 0,337$$

$$r = 0,915 \quad \text{etr} = 3,2$$

CBW et CBS en p.100 de MS

Pour des teneurs élevées en cellulose, les résultats obtenus par la méthode de Weende, sont très supérieurs à ceux obtenus par la méthode de Sharrer.

IV.2.2.2.2. Relations entre les teneurs en CBW et les teneurs en constituants pariétaux de Van Soest

Sur un ensemble de produits d'origines botaniques différentes, les variations de la teneur en cellulose brute ne rendent pas compte des teneurs relatives en hémicellulose,

cellulose, lignine qui influencent beaucoup la digestibilité. Les équations de prévision de la digestibilité des aliments pour les porcs et ruminants font de plus en plus appel aux constituants pariétaux de Van Soest, bien qu'ils ne soient pas encore dosés par tous les laboratoires. Toutefois, à l'intérieur d'une espèce végétale, les liaisons entre les différents critères sont étroites et il est ainsi possible d'estimer les teneurs en NDF, ADF ou ADL en fonction de celles en CB (Sauvant *et al.*, 1987). Les relations calculées pour les issues de riz sont présentées dans le tableau 4.4.

IV.2.2.2.3. Relations entre les teneurs en parois insolubles (PAR) et les teneurs en CBW d'une part et constituants de Van Soest d'autre part

Le dosage des parois par la méthode de Carré sera probablement adopté dans l'avenir pour l'estimation de la teneur en énergie métabolisable des aliments pour volailles. Peu d'échantillons ont subi cette analyse. La mise au point d'équations entre les teneurs en PAR et les autres critères pariétaux est donc très utile.

Les teneurs moyennes en NDF et en PAR sont proches pour les balles, les sons et les farines basses. En revanche, les teneurs en NDF des brisures sont beaucoup plus élevées que celles en PAR ; il est possible qu'il y ait eu des problèmes de filtration, lors du dosage du NDF dans les brisures.

Les coefficients de corrélation entre les teneurs en PAR et les autres critères sont compris entre 0,87 et 0,90, lorsqu'ils sont calculés à partir de l'ensemble des échantillons ($n = 24$), par contre, ils sont plus faibles et souvent non significatifs à l'intérieur d'une classe de produits (cf. tableau 4.5) sauf pour les farines basses de riz.

IV.2.3. Glucides cytoplasmiques

Les céréales se caractérisent par leur richesse en extractif non azoté (ENA) principalement constitué d'amidon.

Le grain de riz paddy, non débarassé de ses enveloppes, ne contient que 42 p.100 d'amidon (INRA, 1984), mais le riz décortiqué a des teneurs en amidon comprises entre 75 à 88 p.100 (Thivend, 1981), suivant probablement le degré de blanchiment (87 p.100 pour du riz blanchi, Janssen, 1988), ce qui le place en tête des grains de céréales.

Tableau 4.4 - Equations de prévision des teneurs en parois cellulaires (NDF), ligno-cellulose (ADF) et lignine de Van Soest (ADL) à partir de la teneur en cellulose brute de Weende (en p.100 de MS)

	NB	Teneur prédite	Régression		R2	ETR
			Constante	Coeff. rég.		
Ensemble des sous-produits du riz	68	NDF	15.24	1.18	0.91	4.5
	68	ADF	-0.09	1.13	0.98	1.9
	68	ADL	0.2	0.36	0.86	1.8

Tableau 4.5 - Equations de prévision des teneurs en parois végétales insolubles (PAR) à partir de la teneur en parois cellulaires (NDF), en ligno-cellulose (ADF), en cellulose brute (CB) et lignine Van Soest (ADL) (en p.100 MS)

Ensemble des sous-produits de riz	NB	Teneur prédite	Régression		R2	ETR
			Constante	Coeff. rég.		
CBW	24	PAR.	11.96	1.22	0.87	6.83
NDF	24	"	-0.95	0.94	0.83	7.77
ADF	24	"	11.97	1.11	0.90	5.96
ADL	24	"	11.38	3.30	0.89	6.24

La teneur moyenne en amidon des farines basses est d'après Thivend (1981) de 55 p.100 et varie de 46 à 55 p.100 suivant leur contamination par des balles (Janssen, 1988).

Les teneurs en amidon des brisures et farines basses rapportées dans les tables destinées au rationnement des monogastriques (INRA, 1984) sont plus faibles, 69 et 20,4 respectivement. Les valeurs moyennes obtenues dans le cadre de cette étude sont proches de celles de l'INRA (1984) pour les farines basses : 20 p.100.

En revanche, elles sont beaucoup plus faibles pour les brisures : 50 p.100 au lieu de 69 p.100. Les teneurs moyennes en amidon, des sons forts et fins (11,6 et 13,7 p.100 respectivement) sont plus faibles que celles des sons de blé (16 à 19 p.100).

Il faut toutefois signaler que le dosage de l'amidon n'a été initié au laboratoire de l'IEMVT que dans le cadre de cette étude ; les étalonnages et vérifications étant encore en cours, les résultats ne sont donc présentés qu'à titre indicatif. Ils sont surtout destinés à évaluer, les variations des teneurs en amidon des différents types d'issues en fonction de leur origine.

Il en est de même et dans une plus grande mesure, pour les teneurs en sucres. Suivant la nature des issues, nous avons obtenu des teneurs moyennes comprise entre 2 et 11 g/kg avec des valeurs extrêmes de 18 g/kg, alors que les farines basses en contiendraient 59 à 79 g/kg (INRA, 1984 - Janssen, 1988). Nous avons donc préféré ne pas présenter les résultats de ce dosage.

IV.2.4. Matière grasse

Les teneurs élevées en lipides des issues de riz ont des conséquences sur leur valeur énergétique et sur leur conservation. Les plus fortes teneurs en lipides sont observées dans les farines basses (16,7 p.100 de MS) et dans les sons fins (9,7 p.100 de MS). Cette dernière valeur est inférieure à celle des tables (11 p.100 MS, INRA, 1988), relative à des échantillons plus purs que ceux sur lesquels nous avons travaillé.

L'hétérogénéité des échantillons est aussi mise en évidence par les coefficients de variation des teneurs en MG qui atteignent 20 p.100 et 40 p.100, respectivement pour les farines basses et les sons (tableau 4.3.).

IV.2.5. Matières azotées : azote total, solubilité, dégradabilité enzymatique

La teneur en azote total est un critère d'appréciation des aliments indispensable pour toutes les espèces domestiques. La solubilité et la dégradabilité enzymatique sont relatives à l'utilisation digestive des matières azotées chez les ruminants.

IV.2.5.1. Matières azotées totales ou protéines brutes

Les teneurs en MAT des issues de riz peuvent être classées par ordre décroissant : farine basse, son fin, brisure, son fort et balle. Les différences entre types de sous-produits sont moins marquées que dans les tables parce que les échantillons que nous avons étudiés sont rarement purs comme cela a déjà été signalé, toutefois la variabilité intra classe est faible : CV = 17 p.100 pour les farines basses, 22 p.100 pour les sons fins et 27 p.100 pour les brisures.

Les teneurs en MAT des farines basses sont proches de celles des sons de blé, tandis que les teneurs en MAT des sons fins et des brisures sont peu différentes de celles des sons de maïs et de sorgho.

IV.2.5.2. Solubilité (tableau 4.6.)

La solubilité des matières azotées est très variable suivant le type d'issues :

- pour les balles et les sons forts, qui sont pauvres en MAT, elle est proche de 20 p.100 ;
- pour les sons fins, les farines basses et les brisures, elles sont respectivement de 27, 19 et 10 p.100

La valeur de 15 p.100 adoptée par l'INRA en 1978, pour les sons et les farines basses ne semble donc pas pouvoir être adoptée uniformément pour l'ensemble des issues de riz.

IV.2.5.3. Dégradabilité enzymatique par la pronase (tableau 4.6)

Comme les solubilités, les dégradabilités après une heure (DE1) et 24 heures (DE24) varient avec la nature des issues de riz. Les matières azotées des sons fins sont les plus fermentescibles, tandis que celles des brisures le sont peu.

Tableau 4.6 - Valeurs moyennes et extrêmes de la solubilité et de la dégradabilité des matières azotées des issues de riz (p.100 de MAT)

		S	Deg. Enz. MA		DT AUFRERE
			1 heure	24 heures	
BALLE	\bar{x}	<u>18.1</u>	<u>21.5</u>	<u>43.5</u>	<u>49.3</u>
	Sd				
	Max		22.3	45.7	30.4
	Min		20.4	41.3	48.2
	n	1	2	2	2
SON FORT	\bar{x}	<u>21.3</u>	<u>30.6</u>	<u>45.4</u>	<u>59.3</u>
	Sd	4.1	5.4	5.4	5.6
	Max	26.9	41.5	53.8	69.4
	Min	14.1	18.3	32.5	45.6
	n	10	25	25	22
SON FIN	\bar{x}	<u>27.0</u>	<u>33.7</u>	<u>54.5</u>	<u>63.1</u>
	Sd	4.4	5.1	8.1	5.8
	Max	32.2	42.6	71.9	70.3
	Min	19.8	23.9	43.5	52.1
	n	8	10	9	7
FARINE	\bar{x}	<u>19.4</u>	<u>27.3</u>	<u>59.6</u>	<u>54.8</u>
	Sd	8.3	5.6	11.0	6.4
	Max	32.9	34.7	74.3	63.3
	Min	8.6	17.3	35.4	44.4
	n	10	11	11	12
BRISURES	\bar{x}	<u>10.2</u>	<u>14.2</u>	<u>40.6</u>	<u>43.4</u>
	Sd	4.0	3.9	18.7	
	Max	14.4	16.5	61.9	43
	Min	6.4	9.6	27.5	43.5
	n	3	3	3	2

Les dégradabilités théoriques (DT) ont été estimées par l'équation de Aufrère et al. (1989).

$$DT = 1,479 DE_1 - (DE_1^2 \times 0,0076) + 21,12$$

DT et DE₁ en p.100 de MAT

Cette équation est adaptée aux aliments concentrés. Elles sont comprises entre 43 et 63 p.100 suivant le type d'issues, et les coefficients de variation intra classe sont faibles. Ces valeurs pourraient être précisées par quelques mesures de dégradabilité in sacco.

IV.2.5.4. Relations entre les teneurs en MAT, leur solubilité et leur dégradabilité

Aucune liaison significative n'a été observée entre les teneurs en MAT d'une part, et leur solubilité ou leur dégradabilité d'autre part. La liaison entre les solubilités et les DE₁ ou les DT est faible (R²= 0,26) mais cependant significative.

IV.2.6. Dégradabilité enzymatique de la matière organique

IV.2.6.1. Valeurs moyennes et estimation de la DMO (tableau 4.8.)

Suivant les classes, la dég MO varie de 18 à 97 p.100 avec des écart-types compris entre 9 et 0,3 p.100.

La DMO peut être déduite de ces valeurs à l'aide de l'équation de Chaupoutot et al. (1989). (Communication personnelle).

DMO = 36,7 + 0,573 deg enz MO $r = 0,75$ et $r = 3.1$
 (méthode INAPG)
 deg enz MO : dégradabilité enzymatique de la MO (p.100).

Elle varie de 47 p.100 en moyenne pour les balles à 92 p.100 pour les brisures.

Les valeurs de DMO estimées sont supérieures de 2 à 3 points à celles des tables (INRA, 1988) qui sont 67, 73 et 90 p.100 respectivement pour les sons fins, les farines basses et les brisures. Il n'y a pas de données dans les tables pour les sons forts et les balles.

Tableau 4.7 - Equations de prévision de la dégradabilité de l'azote lh (protéase) à partir des teneurs en MAT et en azote soluble (NS) et de prévision de l'azote soluble à partir des teneurs en MAT

Ensemble des sous-produits de riz	NB	Teneur prédite	Régression		R2	ETR
			Constante	Coeff. rég.		
MAT	45	D PRO 1	17.89	0.59	N.S.	6.42
NS	20	"			0.26	
MAT		N.S.			N.S.	

N.S. : non significatif

Tableau 4.8 - Valeurs moyennes et extrêmes de la dégradabilité enzymatique de la MS et de la MO et de la digestibilité de la MO (DMO) estimée des issues de riz (p.100)

		Deg. enzym.		DMO (1)
		MS	MO	
BALLE	\bar{x}	<u>19.5</u>	<u>17.9</u>	<u>47.0</u>
	Sd			
	Max	25.7	24.6	50.8
	Min	13.3	11.3	43.2
	n	2	2	2
SON FORT	\bar{x}	<u>29.6</u>	<u>34.5</u>	<u>56.6</u>
	Sd	7.4	10.1	6.0
	Max	44.2	53.8	67.6
	Min	12.8	14.6	45.1
	n	19	19	21
SON FIN	\bar{x}	<u>58.7</u>	<u>59.8</u>	<u>69.9</u>
	Sd	10.0	8.6	3.4
	Max	78.6	77.3	77.0
	Min	48.4	50.4	65.5
	n	10	10	10
FARINE	\bar{x}	<u>70.5</u>	<u>69.0</u>	<u>76.1</u>
	Sd	16.8	17.8	10.6
	Max	97.0	96.9	92.0
	Min	38.2	33.3	55.8
	n	13	13	12
BRISURES	\bar{x}	<u>97.7</u>	<u>97.1</u>	<u>92.3</u>
	Sd			
	Max	98.3	97.3	92.5
	Min	97.1	96.9	92.2
	n	2	2	2

(1) DMO estimée d'après Chapoutot et al (1989)

IV.2.6.2. Relations entre la deg MO et la composition chimique

Comme nous l'avons signalé dans la partie précédente, les teneurs élevées en constituants pariétaux influencent négativement la deg MO, comme en témoignent les relations présentées au tableau 4.9.

La teneur en ADF est le meilleur prédicteur de la deg MO, mais la prévision est plus précise si on associe la teneur en NDF à la relation :

$$\text{deg MO} = 93,34 - 0,423 \text{ NDF} - 0,673 \text{ ADF}$$

$$n = 47 \quad R^2 = 0,88 \quad \text{etr} = 7,7$$

Inversement la deg MO, varie dans le même sens que les teneurs en MAT et MG, mais les liaisons sont peu étroites (tableau 4.9).

IV.2.7. Teneurs en énergie brute

Comme nous l'avons rappelé au chapitre I, les teneurs en énergie brute sont fortement influencées par les teneurs en cendres et en matière grasse. C'est ainsi, que les farines basses, riches en ces composants, ont une teneur moyenne en EB très élevée de 5000 kcal/kg légèrement supérieure à celle de tables (4880 kcal/kg, INRA, 1988). Les sons fins et les brisures ont par contre, des teneurs en EB un peu plus faibles que dans les tables (4660 et 4340 kcal/kg respectivement). Les sons forts et les balles, riches en cendres et pauvres en lipides ont des teneurs en EB proches de 4000 kcal/kg, qui ne peuvent être comparées, faute de données, à d'autres résultats bibliographiques.

Les moyennes des teneurs mesurées en EB sont proches de celles estimées d'après l'équation de Schieman (avec $\Delta = 0$), pour les farines basses, les sons fins et les sons forts (tableau 4.10), mais les écarts-types des différences sont élevés. Pour les brisures et les balles, les moyennes des différences atteignent - 47 et 157 kcal. L'ensemble de ces résultats, ne semble pas justifier l'adoption pour l'équation de Schieman, d'une valeur de Δ différente de 0 spécifique des issues de riz.

En revanche, nous avons pu calculer une équation de prévision de la teneur en EB pour l'ensemble des échantillons étudiés :

$$\text{EB} = 77,04 \text{ MAT} + 95,45 \text{ MG} + 57,08 \text{ CB} + 45,06 \text{ ENA} - 541$$

$$n = 68 \quad R^2 = 0,97 \quad \text{etr} = 91$$

avec EB en kcal/kg de MS et MG, CB, ENA en p.100 de MS

Tableau 4.9 -Equations de prévision de la dégradatibilité enzymatique de la matière organique à partir des constituants pariétaux, MAT et MG (en p.100 de MO)

Ensemble des issues de riz	NB	Teneur prédite	Régression		R2	ETR
			Constante	Coeff. rég.		
MAT	47	dég.MO	8.99	3.60	0.52	15.58
MG	47	"	39.60	1.01	0.13	20.84
CB	47	"	86.68	-1.28	0.85	8.56
NDF	47	"	100.83	-0.98	0.86	8.35
ADF	47	"	86.34	-1.15	0.87	8.02
ADL	47	"	85.97	-3.26	0.85	8.59

Tableau 4.10 Valeurs moyennes et écarts-types des teneurs en énergie brute des issues de riz (kcal/ kg MS)

		Mesurée	Estimée (Schieman 1971)	Δ (1)
BALLE	\bar{x}	<u>4025</u>	<u>3868</u>	<u>157</u>
	Sd			
	Max	4089	3907	182
	Min	3961	3829	132
	n	2	2	2
SON FORT	\bar{x}	<u>3920</u>	<u>3908</u>	<u>10</u>
	Sd	196	170	104
	Max	4427	4431	309
	Min	3521	3548	-301
	n	36	36	36
SON FIN	\bar{x}	<u>4499</u>	<u>4536</u>	<u>8</u>
	Sd	236	223	87
	Max	4783	4804	174
	Min	4076	4186	-130
	n	13	11	11
FARINE	\bar{x}	<u>5000</u>	<u>4984</u>	<u>16</u>
	Sd	335	297	57
	Max	5682	5563	124
	Min	4505	4505	-88
	n	15	15	15
BRISURES	\bar{x}	<u>4278</u>	<u>4332</u>	<u>-47</u>
	Sd			
	Max	4337	4365	-28
	Min	4234	4300	-66
	n	2	2	2

(1) Δ = valeur mesurée - valeur estimée

IV.2.8. Teneurs en balles

Les teneurs en balles ont été estimées sur 21 échantillons de sons forts, 9 échantillons de sons fins et 9 échantillons de farines basses :

		Moy.	Ecart type	Max.	Min.
sons forts	21	50.7	12.6	70	20
sons fins	9	14.8	7.8	25	3
farines basses	9	4.3	2.5	10	2

Ces teneurs sont élevées, si l'on se réfère à la définition des produits, notamment des sons fins qui doivent être exempts de balles. Les issues de riz dont les valeurs pour les volailles sont rapportées par Janssen (1988), contiennent par exemple, soit moins de 3 p.100, soit de 3 p.100 à 10 p.100 de balles, ce qui correspond aux valeurs observées ici, pour les farines basses.

Malgré, le caractère qualitatif de la méthode employée pour estimer les teneurs en balles (paragraphe III.2.1.), nous avons examiné les relations entre ce critère et la composition chimique (tableau 4.10). Bien que les balles soient riches en cendres et en constituants pariétaux (NDF, ADF, CB), c'est avec la lignine que la liaison est la plus forte ($R^2 = 0,92$) : ceci s'explique par la méthode, basée sur la propriété des lignines qui se colorent en présence de phloroglucinol. Le dosage de la lignine, moins subjectif que la méthode colorimétrique, permet donc d'apprécier correctement la contamination des issues de riz par des balles.

IV.3. ESTIMATION DES VALEURS ENERGETIQUES ET AZOTEES

IV.3.1. Valeur énergétique pour les ruminants

Les valeurs énergétiques exprimées en UFL et en UFV ont été estimées à l'aide des équations 1.4, 1.5 et 1.6 exposées au chapitre I adaptées aux aliments concentrés.

Les moyennes des résultats des trois estimations sont proches entre elles et des valeurs rapportées dans les tables (INRA, 1988) pour les brisures, les farines basses et les sons fins. La valeur énergétique des sons fins est proche de celle des sons de maïs ou des sons fins de blé ; les teneurs élevées en lipides, et donc en énergie brute, des sons de riz

Tableau 4.11 -Equations de prévision des teneurs en balle à partir des constituants pariétaux (CBW, NDF, ADF, ADL)et insoluble chlorhydrique

Son fort et son fin	NB	Teneur prédite	Régression		R2	ETR
			Constante	Coeff. rég.		
IC1	30	Balle	-0.0026	2.94	0.58	13.32
CBW	30	"	-31.54	2.53	0.88	7.19
NDF	30	"	-39.08	1.66	0.66	11.91
ADF	30	"	-26.95	2.14	0.84	8.09
ADL	30	"	-32.47	6.77	0.92	5.86

Tableau 4.12 - Estimation de la valeur alimentaire des issues de riz pour les ruminants
(UFL - UFV/kg de MS, PDIA, PDIN, PDIE en g/kg de MS)

BALLE	\bar{x} Sd Max Min n	SAUVANT 81				INRA 88					INA PG 89	
		UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	UFL
												0.43 0.50 0.37 2
SON FORT	\bar{x} Sd Max Min n	<u>0.53</u> 0.11 0.87 0.33 30	<u>0.43</u> 0.12 0.75 0.20 30	<u>28</u> 5 37 23 9	<u>50</u> 9 67 40 9	<u>50</u> 8 63 39 9	<u>0.58</u> 0.07 0.73 0.49 17	<u>0.50</u> 0.08 0.66 0.40 17	<u>27</u> 6 41 19 18	<u>47</u> 9 72 38 18	<u>62</u> 8 80 52 18	<u>0.56</u> 0.10 0.75 0.34 21
SON FIN	\bar{x} Sd Max Min n	<u>0.91</u> 0.07 1.00 0.78 11	<u>0.85</u> 0.08 0.98 0.70 11	<u>43</u> 3 46 39 5	<u>78</u> 4 83 74 5	<u>76</u> 4 80 70 5	<u>0.87</u> 0.06 0.95 0.77 9	<u>0.80</u> 0.06 0.90 0.70 9	<u>48</u> 13 77 31 10	<u>86</u> 15 110 57 10	<u>90</u> 17 129 72 10	<u>0.90</u> 0.06 0.98 0.77 10
FARINE	\bar{x} Sd Max Min n	<u>1.18</u> 0.10 1.31 0.98 14	<u>1.14</u> 0.12 1.28 0.93 14	<u>66</u> 13 81 47 7	<u>108</u> 18 127 80 7	<u>112</u> 14 135 93 7	<u>1.10</u> 0.22 1.36 0.76 10	<u>1.05</u> 0.26 1.37 0.64 10	<u>66</u> 13 81 47 9	<u>109</u> 17 131 84 9	<u>106</u> 23 137 78 9	<u>1.11</u> 0.18 1.35 0.84 12
BRISURE	\bar{x} Sd Max Min n	<u>1.19</u> 1.20 1.18 2	<u>1.19</u> 1.20 1.18 2	<u>42</u> 45 39 2	<u>67</u> 74 61 2	<u>99</u> 103 95 2	<u>1.24</u> 1.25 1.23 2	<u>1.26</u> 1.27 1.25 2	<u>54</u> 108 60 2	<u>74</u> 82 66 2	<u>133</u> 138 128 2	<u>1.24</u> 1.25 1.23 2

compensent leur faible digestibilité : dMO = 63 p.100 pour le son de riz, 76 et 72 p.100 pour les sons de maïs et les sons fins de blé.

Les valeurs énergétiques de sons forts sont à peine supérieures à celles des pailles et proches de celles des coques de graines de coton. Les balles ont bien sûr une faible valeur.

Les coefficients de variation des valeurs UFL sont de 18, 7 et 16 p.100 pour les sons forts, les sons fins et les farines basses. Les valeurs énergétiques des brisures et des balles n'ont été estimées que pour deux échantillons.

IV.3.2. Valeurs azotées pour les ruminants

Les valeurs azotées ont été déduites des équations 1.7 et 1.8 (chapitre I) en prenant pour S ou DT, les valeurs figurant au tableau 4.6, à partir de la valeur 0,9 rapportée par Vérité et al. (1987) pour le riz et pour MOD ou MOF les valeurs déduites des tableaux 4.8 et 4.3.

Les deux méthodes d'estimation donnent des résultats peu différents, les farines basses ont les teneurs en PDI les plus élevées proches de celles rapportées dans les tables pour les farines basses de riz et les sons de blé ou de maïs.

✓ Les valeurs PDIE ne sont supérieures aux valeurs PDIN que ^{pour} par les brisures.

IV.3.3. Estimation de la valeur énergétique pour les monogastriques

IV.3.3.1. Porc

La digestibilité de l'énergie par les porcs a été estimée à l'aide de l'équation d'Henry et Perez (1983). Les valeurs moyennes de DE sont :

		Brisure	Farine basse	Son fin	Son fort	Balle
	x	87,9	71,1	59,4	35,6	13,2
DE	et	-	8,7	4,2	7,9	-
(p.	Max	88,7	86,9	64,7	53,6	18,0
100)	Min	87,0	52,3	51,3	18,2	8,6
	n	2	17	11	36	2

Les teneurs en énergie digestible sont portées au tableau 4.13. Les sons fins et les farines basses ont une concentration énergétique estimée proche de celle des tables (INRA, 1984), mais avec des coefficients de variations de 10 et 15 p.100 environ. Les teneurs en ED des brisures sont les plus élevées. Les sons forts ont des valeurs énergétiques très faibles inférieures à la moitié des concentrations recommandées pour le rationnement des porcs.

IV.3.3.2. Volailles

Les trois équations utilisées donnent des estimations assez différentes ; les écarts entre les moyennes extrêmes atteignent 400 kcal pour les brisures, 700 kcal pour les farines basses, 1100 kcal pour les sons fins etc.

Bien que les équations de Janssen et Carré (1985) et Janssen (1988) soient spécifiques des issues de riz, les estimations qui en sont déduites sont différentes entre elles et des valeurs des tables :

- brisures : 3695 kcal/kg MS (INRA, 1984) ;
- farine basse : 3348 kcal/kg MS (INRA, 1984) ou
3522 kcal/kg MS (AEC, 1987) ;
- sons fins non deshuilés : 2772 kcal/kg MS (AEC, 1987).

Pour les sons forts et les balles, les estimations de EM sont très faibles, voire négatives, mais il faut rappeler que les limites d'emploi des équations (110 et 150 g du CB/kg MS) n'autorisent pas, en principe, leur utilisation par ces produits qui sont en fait impropres à l'alimentation des volailles.

Malgré ces difficultés, les valeurs calculées permettent de classer les différentes issues suivant leurs valeurs énergétiques et surtout de faire apparaître la variabilité des teneurs en EM des différents groupes : les EM estimées des farines basses sont par exemple, comprises entre 2555 et 3592 kcal avec l'équation de Janssen (1988).

Tableau 4.13 - Estimation de la valeur alimentaire des issues de riz pour les monogastriques (ED, EM en Kcal / kg de MS)

		PORC	VOLAILLES		
Kcal / kg de MS		ED Henry et Perez	EM Janssen et Carré 85	EM Janssen 88	EM Carré 88
BALLE	\bar{x}	539	-3272	65	348
	Sd	-	-	-	-
	Max	737	-2907	273	583
	Min	341	-3638	-141	113
	n	2	2	2	2
SON FORT	\bar{x}	1398	-1238	825	1090
	Sd	329	760	382	268
	Max	2105	921	1720	1578
	Min	640	-2524	80	822
	n	36	36	36	6
SON FIN	\bar{x}	2706	999	2115	1885
	Sd	288	541	258	149
	Max	3041	1876	2511	2025
	Min	2117	128	1697	1683
	n	11	11	11	4
FARINE	\bar{x}	3527	2683	3147	2472
	Sd	473	776	358	551
	Max	4212	3815	3592	3111
	Min	2753	913	2555	1443
	n	15	17	17	10
BRISURES	\bar{x}	3767	4062	3928	3654
	Sd	-	-	-	-
	Max	3777	4214	3955	3725
	Min	3756	3911	3903	3584
	n	2	2	2	2

CHAPITRE V
DISCUSSION ET CONCLUSIONS



V.1. ECHANTILLONNAGE

Les échantillons dont nous disposions peuvent être considérés comme représentatifs des issues de riz disponibles et commercialisées en régions tropicales (Afrique, Amérique latine et Asie). Elles sont vendues sous le nom de sons ou de farines de riz, parfois sous les noms plus précis de sons fins et de sons forts mais aussi avec la dénomination très vague d'issues. Le regroupement des échantillons suivant les indications fournies par les vendeurs ou les expéditeurs et le calcul des compositions moyennes par type de produit aboutissent à des résultats très hétérogènes : les écarts types associés aux moyennes sont très élevés et les valeurs moyennes sont elles-mêmes éloignées de celles des tables.

Nous avons donc considéré que l'identification des échantillons n'était pas fiable et nous avons procédé à leur classification automatique. La classification reposait sur des critères chimiques simples (teneurs en cendres, matières azotées, cellulose brute, matières grasses) ayant des valeurs très différentes d'un type d'issue à l'autre. Les cinq groupes constitués avaient des compositions moyennes proches de celles figurant dans les tables, nous leur avons donc attribué les dénominations suivantes :

	en p.100 des échantillons
Balles	2.8
Sons forts	25.8
Sons fins	10.6
Farine basse	49.1
Brisures	11.8

Cette répartition est à la fois différente et plus précise que celle déduite des bordereaux d'échantillons :

	en p.100 des échantillons
Balles	3.1
Sons	41.4
Issues	8.6
Farines basses	38.3
Brisures	8.6

En pays développés, ne sont mentionnées dans les tables que les brisures, les farines basses et les sons qui correspondent aux sons fins de notre classification. Les sons forts sont en fait un mélange de balles et de sons.

En conclusion, les sous-produits du riz, disponibles dans le commerce, sont rarement définis avec précision en zone tropicale ; il est donc nécessaire de les classer en procédant à des analyses chimiques simples.

V.2. VARIABILITE DE LA VALEUR NUTRITIVE DES ISSUES DE RIZ

Comme nous l'avons rappelé ci-dessus, la valeur nutritive des sous-produits du riz varie suivant la catégorie d'issues et à l'intérieur de chacune d'elles : les écarts types des valeurs énergétiques pour les ruminants sont par exemple de 0.10, 0.06 et 0.18 UFL pour les sons forts, les sons fins et les farines basses, ce qui correspond à des coefficients de variation de 18 , 7 et 16 p.100 respectivement. Signalons que les valeurs nutritives déduites des résultats d'analyses sont souvent inférieures à celles de la bibliographie. Les échantillons provenant des pays développés, à l'origine de la plupart des tables, sont en effet probablement mieux standardisés et de meilleure qualité alors qu'il est difficile de trouver des produits purs en zone tropicale.

Toutefois, il faut aussi rappeler que les tables mentionnent rarement la variabilité des échantillons ; la comparaison sur ce point entre produits d'origine tempérée et tropicale est donc difficile.

Les sous-produits obtenus au cours de la transformation du riz paddy en riz blanc sont directement influencés par le type de décortiqueuse employé et par son mode d'utilisation. Ceci a été par exemple mis en évidence au CEEMAT de Montpellier : suivant l'écartement des rouleaux, le "titre" du son passe de 23 à 27 p.100 et sa valeur énergétique pour les volailles et les porcs varie de près de 10 p.100 (tableau 5.2). De même, la composition et la valeur nutritive dépendent de l'importance des mélanges et des proportions des produits qui les constituent comme le montrent, par exemple, les résultats relatifs aux farines basses (tableau 5.3). On remarque dans ce tableau que la valeur énergétique augmente avec le degré de blanchiment : les farines basses issues du 4ème cône sont plus riches que celles issues du 1er cône.

Cette dernière différence explique aussi en partie les variations de la valeur énergétique des sous-produits du riz en zone tropicale : le riz de consommation n'y est souvent que partiellement blanchi car il est parfois préféré ainsi et cela augmente les rendements d'usinage. En conséquence, les sous-produits sont globalement plus riches en enveloppes et plus pauvres en constituants de l'albumen. De plus, de nombreux fabricants n'hésitent pas à réintroduire des balles

broyées ou non dans les sons ou farines basses pour augmenter leur profit.

En conclusion, la valeur nutritive des issues de riz varie suivant le matériel et les techniques d'usinage. Il est donc indispensable de disposer de méthodes simples et rapides pour prévoir leur valeur nutritive.

V.3. PREVISION DE LA VALEUR NUTRITIVE DES ISSUES DE RIZ

Suivant les moyens d'analyses disponibles, la prévision de la valeur nutritive peut reposer sur les paramètres suivants :

- paramètre physique : proportion de balles

La digestibilité et la valeur énergétique sont en grande partie fonction de la contamination des issues "nobles" par les balles. La détermination du taux de balles peut constituer une méthode pour classer les issues de riz dans leur catégorie (son fin, son fort, farine basse...etc.) et ainsi approcher leur valeur alimentaire. La méthode colorimétrique est conseillée en raison de sa simplicité et de sa rapidité. Elle peut être appliquée sur le terrain avec un matériel minimum. Cependant cette méthode dépend de l'expérience du technicien. Les résultats du test colorimétrique peuvent être confirmés par l'analyse chimique grâce à la bonne liaison ($R^2 = 0,92$) entre le taux de balle et la teneur en lignine.

- analyse chimique simple

Le dosage des cendres, des matières azotées, des matières grasses et de la cellulose brute est suffisant pour classer les issues de riz dans leur catégorie. La teneur en énergie brute peut également être déduite de ces analyses avec une bonne précision ($R^2 = 0.97$; $etr = 91$ kcal) en utilisant une équation spécifique des issues de riz (cf IV.2.6. p.86).

On peut aussi appliquer l'équation de Schieman (1971) en adoptant $\Delta = 0$ pour les farines basses et les sons fins.

Les teneurs en MM, MAT, CB, MG sont également suffisantes pour estimer les valeurs énergétiques pour les ruminants (tableau 1.2 p. 27 ; INRA, 1978) ; les teneurs en UFL ainsi calculées sont peu différentes des estimations faisant appel à des analyses plus complètes (cf ci-dessous).

De même dans certaines limites de composition ($CB < 15$ p.100 de MS) on peut n'utiliser que les teneurs en MM, MAT, CB, MG (Janssen et Carré 1985 ; tab. 3.4) ou même

seulement en CB (Janssen 1988 ; tab. 3.4) pour estimer les teneurs en EM dans le cas des volailles.

- dosage des constituants pariétaux

Les inconvénients de la cellulose brute et la variabilité inter-espèce de la composition de ce résidu obtenu par la méthode de Weende sont à l'origine des méthodes récentes de prévision de la valeur énergétique.

C'est ainsi que l'application de la méthode de Van Soest permet d'estimer avec une plus grande précision les valeurs UFL et UFV. On peut soit faire appel au dosage de l'ADL associé à un autre constituant pariétal (CB, ADF ou de préférence NDF - équation 1.2 p.24) pour estimer la digestibilité soit estimer directement la valeur énergétique en UFL ou UFV en fonction de l'ADL associé aux constituants simples (MM, MAT, CB, MG tableau 1.3).

De même, l'estimation de la digestibilité chez le porc peut faire appel aux teneurs en NDF et ADF (cf. 1.1.2.3. - p. 18 ; Henry et Perez 1983).

Plus récent et moins développé, le dosage des parois par la méthode de Carré (1989) est présenté comme une méthode d'avenir pour la prévision de la valeur énergétique des aliments pour volailles. Elle nécessite cependant un matériel spécifique et son application ne semble envisageable que dans les laboratoires pratiquant déjà les autres méthodes.

Ces méthodes d'étude des constituants pariétaux ne sont pas à la portée de tous les laboratoires mais les teneurs en NDF, ADF, ADL ou PAR peuvent être estimées en fonction des teneurs en CB avec une bonne précision (tableaux 4.4 et 4.5) comme l'ont déjà montré Sauvant et al (1987) pour d'autres céréales. Il est donc ainsi possible d'utiliser des équations de prévision de la valeur énergétique des issues de riz faisant appel aux constituants pariétaux sans les avoir dosés directement.

- dégradabilité enzymatique des issues de riz destinées aux ruminants

Les méthodes enzymatiques se développent de plus en plus en substitution aux méthodes in vitro ou in sacco qui sont très lourdes sur le plan expérimental. Parallèlement à leur développement, leur standardisation s'améliore.

La dégradabilité enzymatique de la matière organique peut servir d'estimateur de la digestibilité (figure 1.2 p.25) ou directement de la valeur énergétique (équation 1.6 p.28). Les résultats que nous avons obtenus par cette méthode sont très proches des estimations déduites des seules ana-

Tableau 5.2 - Composition chimique et valeur énergétique des issues de riz obtenues en fonction du réglage de l'écartement des rouleaux à 0,4 et 0,5 mm du prototype de décortiqueuse du CEEMAT (en p.100 de MS)

	AVANT REGLAGE (0,5 mm)	APRES REGLAGE (0,4 mm)
<u>COMPOSITION CHIMIQUE</u>		
CENDRES	9.3	9.2
MAT	12.8	14.0
MG	10.1	13.5
<u>CONSTITUANTS PARIETAUX</u>		
CBW	15.9	14.2
NDF	28.7	25.7
ADF	18.6	14.5
ADL	5.8	5.0
TITRE DU SON (MAT + MG) %	22.9	27.5
<u>TENEUR EN BALLE</u> %	10	10
<u>VALEUR ENERGETIQUE</u> (1)		
EB (kcal/kg MS)	4697	4790
PORC ED (kcal/ kg MS)	3043	3347
VOLAILLES EM (kcal/kg MS)	2480	2687
RUMINANTS UFL (kg MS)	1,00	1,05
UFV	0,98	1,00

(1) Note : - valeur énergétique et azotée pour les ruminants estimée à l'aide de l'équation des tables INRA (1988)
 - ED porc estimée à partir de l'équation d'HENRY et PEREZ (1982)
 - EM volailles calculée à partir de l'équation de CARRE (1988 non publié)

**Tableau 5.1 - Composition chimique et valeur alimentaire estimée
des issues de riz étudiées**

	BALLE	SON FORT	SON FIN	FARINE BASSE	BRISURE
Composition chimique (p.100 de MS)					
<u>Cendres</u>	18.5	19.2	14.0	9.9	3.5
. Insoluble chlorhydrique	16.6	15.5	8.2	2.1	0.7
. Phosphore	0.61	0.49	1.08	1.60	0.62
. Calcium	0.09	0.10	0.08	0.09	0.05
. Potassium	0.37	0.68	1.20	1.44	0.61
. Magnésium	0.09	0.25	0.51	0.78	0.29
<u>Matières azotées totales</u>	3.0	7.1	11.2	14.3	11.5
<u>Constituants pariétaux</u>					
. Cellulose brute Weende	44.7	33.0	17.8	8.8	3.8
. Cellulose brute Shanner	38.7	24.4	14.9	7.9	2.9
. NDF	70.7	53.7	35.0	28.5	15.2
. ADF	52.2	37.0	19.6	11.1	2.0
. Hémicellulose	18.2	16.7	15.4	17.4	13.2
. Cellulose	35.7	24.8	12.9	7.3	1.0
. Lignine	16.5	12.2	6.7	3.8	1.0
<u>Matière grasse</u>	1.2	5.1	9.7	16.7	4.6
<u>Valeur énergétique estimée (1)</u>					
. Ruminants					
. UFL (/ kg MS)	0.43	0.58	0.87	1.10	1.24
. UFV "		0.50	0.80	1.05	1.26
. EB (kcal/kg MS)	4025	3920	4499	5000	4278
. Porcs					
. ED (kcal/kg MS)	539	1398	2706	3527	3767
. Volailles					
. EM (kcal/kg MS)	348	1090	1885	2472	3654
<u>Valeur azotée pour les rumimants</u>					
. Solubilité des matières azotées (p.100)	18.1	21.3	27.0	19.4	10.2
. PDIA		27	48	66	54
. PDIN		47	86	109	74
. PDIE		62	90	106	133

(1) Note : - valeur énergétique et azotée pour les ruminants estimée à l'aide de l'équation des tables INRA (1988)
- ED porc estimée à partir de l'équation d'HENRY et PEREZ (1982)
- EM volailles calculée à partir de l'équation de CARRE (1988 non publié)

Tableau 5.3 - Composition chimique des farines de blanchiment du 1er, 2ème, 3ème et 4ème cônes et de leurs mélanges produits par la Société FRANCE-RIZ

	1er	2ème	3ème	4ème	MELANGES
<u>COMPOSITION CHIMIQUE</u>					
CENDRES	11.2	8.8	6.5	5.2	10.3
MAT	17.6	18.4	16.5	17.2	17.2
MG	28.3	22.9	15.2	11.5	24.1
<u>CONSTITUANTS PARIETAUX</u>					
CBW	12.8	6.8	4.4	2.8	11.0
NDF	36.3	25.2	18.0	14.8	33.9
ADF	14.4	8.7	5.3	1.7	11.4
ADL	5.3	2.8	1.8	0.7	4.5
PAR INSOLUBLE	37.8	22.4	15.5	13.6	32.8
<u>VALEUR ENERGETIQUE (1)</u>					
EB (kcal/kg MS)	5682	5369	4953	4845	5490
PORC					
ED (kcal/kg MS)	3639	4026	4051	4195	3724
VOLAILLES					
EM (kcal/kg MS)	1888	2591	2968	3108	2127
RUMINANTS					
UFL (/kg MS)	1.25	1,31	1.27	1.27	1.24
UFV	1.20	1,28	1.25	1.26	1.20

- (1) Note : - valeur énergétique et azotée pour les ruminants estimée à l'aide de l'équation des tables INRA (1988)
- ED porc estimée à partir de l'équation d'HENRY et PEREZ (1982)
- EM volailles calculée à partir de l'équation de CARRE (1988 non publié)

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

lyses chimiques, ce qui s'explique en grande partie par les liaisons étroites entre la deg MO et les teneurs en constituants pariétaux (tableau 4.9 p. 87).

La dégradabilité enzymatique des matières azotées se substitue aussi à la mesure de la solubilité pour l'estimation des valeurs PDI. Les résultats obtenus par les deux méthodes sont peu différents pour les issues de riz.

Conclusion :

En l'absence de mesures in vivo ou même in sacco, nous avons appliqué différentes méthodes d'estimation de la valeur énergétique adaptées aux ruminants, aux porcs et aux volailles et si possible spécifiques des issues de riz. Lorsque les résultats étaient divergents (cas des EM volailles, par exemple) nous avons retenu les méthodes qui donnaient les valeurs les plus proches des tables (Harris et al 1982, INRA 1984, INRA 1988) pour des produits de composition voisine. Toutefois cette approche qui ne repose que sur des données de laboratoire ou bibliographiques nous semble insuffisante et les résultats obtenus doivent être confirmés par un minimum de mesures sur animaux.

La confrontation des résultats obtenus in vivo et in situ aux estimations déduites des équations de prédiction permettra de mieux déterminer les analyses minimales à effectuer pour évaluer avec une précision acceptable la valeur des issues de riz.

V.4. EXEMPLES DE RESULTATS D'ESSAIS D'ALIMENTATION AVEC DES ISSUES DE RIZ

V.4.1. Porcs

Actuellement, on utilise largement les issues de riz dans la ration des porcs, particulièrement en Asie du Sud-Est ou à Madagascar. Elles permettent de diminuer le coût des aliments puisqu'on peut les substituer à certaines matières premières comme le maïs ou le son de blé.

Toutefois, au-delà d'un certain taux d'incorporation des issues de riz, on observe une diminution de la valeur des rations : dans un essai de Rao et Prasad (1978) sur porcs en croissance, la digestibilité de la matière organique n'a pas varié (73 p.100) en remplaçant 60 p.100 du maïs par de la farine basse de riz mais elle était plus faible quand ce taux était élevé à 80 p.100 (55 p.100).

Ces mêmes auteurs ont observé des performances identiques (311 à 340 g/j) dans des rations contenant soit du son

de blé, soit du son de riz (22 p.100 des aliments) mais avec le son de riz, les indices de consommation étaient plus élevés (3,3 à 3,5 et 3,5 à 4 kg d'aliments par kg de gain respectivement).

La diminution des performances entraînée par le remplacement du maïs par du son de riz varie suivant le taux d'incorporation et probablement aussi suivant la composition des sons ; malheureusement, celle-ci n'est pas toujours indiquée par les auteurs (Tuah et Boateng 1982 ; Brooks et Lumanta 1975). Plusieurs auteurs (Brooks et Lumanta 1975 ; Rao et Prasad 1980) signalent la nécessité de compléter en zinc les rations contenant de fortes proportions d'issues de riz.

V.4.2. Volailles

Les issues de riz notamment le son et la farine basse sont utilisées dans les rations des volailles pour diminuer le coût des aliments à base de maïs-soja.

Plusieurs auteurs ont testé des taux croissants d'incorporation des sons de riz. Ils ont observé des chutes de ponte à partir de pourcentages compris entre 30 et 80 p.100 suivant les auteurs (Piliang et al 1982, Hamid et Jaladudin 1987 par exemple). Majun et Payne (1987) ont également mis en évidence l'effet bénéfique du passage à l'autoclave des sons de riz sur les performances de ponte observées avec des rations riches en sons (60 p.100).

L'interprétation de l'ensemble de ces résultats nécessiterait un examen détaillé des caractéristiques des rations et des issues de riz employées.

V.4.3. Ruminants

Les farines ou sons de riz ont parfois été testés comme complément des fourrages tropicaux. Lhoste (1975) a peu amélioré le gain de poids de zébus exploitant des pâturages pauvres en leur distribuant de la farine basse de riz ad libitum (consommation : 1.3 p.100 du poids vif) mais il fait remarquer que les rations devaient être trop riches en lipides et surtout déficientes en azote. Les GMQ furent significativement augmentés en associant du tourteau à la farine de riz.

Avec du Pennisetum purpureum, graminée verte plus riche en azote que précédemment, Moran (1983) a enregistré un accroissement des quantités totales ingérées et des performances de buffles et de taurins en croissance. Il n'a pas observé de diminution de la digestibilité lorsque la proportion de sons de riz augmentait.

Les balles de riz ont une faible valeur énergétique et leur traitement chimique a été évoqué au chapitre III. Le remplacement de la paille de blé par de la balle de riz traitée ou non par la soude ou l'ammoniac dans des rations pour bovins n'a pas modifié les quantités ingérées dans les essais de Joshi et Kahn (1983 et 1984) et de Singh et Gupta (1985). En revanche, la digestibilité et les performances sont plus faibles avec les rations comprenant des balles de riz.

Conclusion

Les mesures de digestibilité et les essais d'alimentation avec des rations comportant des sous-produits du riz sont peu nombreux et les informations nécessaires à une interprétation complète des résultats ne sont pas toujours fournies par les auteurs, notamment celles relatives à la nature et à la composition des sons et farines employées.

Cependant, l'analyse plus approfondie que précédemment des résultats disponibles devrait permettre d'esquisser quelques recommandations pour le choix des taux d'incorporation des sous-produits du riz dans les rations. L'interprétation de ces essais pourrait aussi viser à rapprocher les valeurs théoriques des sons et farines basses des performances zootechniques observées.



CONCLUSION GENERALE



En zone tropicale, les sous-produits du riz disponibles dans le commerce sont rarement définis avec précision, il est donc nécessaire de les classer en procédant à des analyses chimiques simples.

La composition des issues de riz varie suivant le matériel et les techniques d'usinage, il est donc indispensable de disposer de méthodes simples et rapides pour prévoir leur valeur nutritive.

En l'absence de mesures directes (in vivo ou même in sacco), nous avons appliqué différentes méthodes d'estimation de la valeur énergétique adaptées aux ruminants, aux monogastriques (porcs et volailles) et si possible spécifiques des issues de riz. Les résultats obtenus étaient parfois divergents, pour l'EM des volailles par exemple ; nous avons donc retenu les valeurs estimées les plus proches de celles des tables (Harris et al 1982 ; INRA, 1984 ; INRA, 1988) pour les sons fins, les farines basses et les brisures. Toutefois, cette approche qui ne repose que sur des données de laboratoire ou bibliographiques nous semble insuffisante et les résultats obtenus doivent être confirmés par un minimum de mesures sur animaux.

La confrontation des résultats obtenus in vivo et/ou in situ aux estimations déduites des équations de prédiction permettra de mieux déterminer les analyses minimales à effectuer pour évaluer avec une précision acceptable la valeur nutritive des issues de riz.

Les essais d'alimentation avec des rations comportant des issues de riz sont peu nombreux et les informations nécessaires à une interprétation complète des résultats ne sont pas toujours fournies par les auteurs.

Toutefois l'analyse approfondie des résultats disponibles complétée par de nouveaux essais comprenant une description détaillée des aliments utilisés permettrait de préciser les recommandations d'emploi des sous-produits du riz.



BIBLIOGRAPHIE



- A.E.C. - (1987) - Recommandations pour la nutrition animale -
Tables A.E.C. - Rhône-Poulenc Ed. : 86 p.
- AFNOR - (1977-1981) - Association Française de Normalisation -
Aliments des animaux : méthodes d'analyses.
- AFNOR - (1989) - Association Française de Normalisation -
Aliments des animaux : méthodes d'analyses.
- ANGLADETTE (A.) - (1966) - Le riz. Paris, G.P. Maisonneuve et
Larose : 930.
- APANDI (M.), ATMADILAGA (D.), BIRD (H.R.) - (1974) - Indonesian
fish meals as poultry feed ingredients effects of species
and spoilage. World's Poultry Science J., 30 : 176-182.
- AUFRERE (J.) - (1989) - Valeur azotée des aliments concentrés
pour ruminants. Dégradation enzymatique. Compte-rendu des
réunions INRA - 31 janvier 1989 et 28 février 1989.
- BALNAVE (D.) - (1982) - Egg weight and production responses of
laying hens fed rice pollard. in : Nutrition Abstracts and
Reviews (series B), 1982, 52 (10) : 668-669.
- BROOKS (C.), LUMANATA (I.G.) - (1975) - Effect of rice bran on
pig performance and carcass. J. Anim. Sci., 41 : 308.
- CAMPBELL (G.L.), CAMPBELL (L.D.), BLAIR (R.) - (1983) - Calcu-
lation of metabolizable energy for ingredients incorpo-
rated at low levels into a reference diet. Poultry Sci.,
62, : 705-707.
- CARRE (B.) - (1985) - Les parois végétales, significations chi-
mique et nutritionnelle chez les volailles. Comptes-rendus
de la conférence avicole WPSA-SIMAVIP - 18 octobre 1985,
cahier 1 : valeur énergétique et qualité des aliments :
13-25.
- CASTAGNA (A.), SAUVANT (D.), DORLEONS (H.) et GIGER (S.) -
(1984) - Etude de la dégradabilité enzymatique des ali-
ments concentrés et sous-produits. Ann. Zootechn., 33 (3) :
265-290.
- CAVALIER (R.) - (1987) - Etude mise au point essais d'un décor-
tificateur - blanchisseur à riz. Rapport de stage - CEEMAT
Montpellier : 11 p.

- F.A.O.- (1969) - L'usinage du riz dans les pays en voie de développement : Etude de cas d'espèces et de certains aspects des politiques économiques. Organisation des nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture : 31p.
- GIGER (S.) et POCHET (S.) - (1987) - Méthodes d'estimation des constituants pariétaux dans les aliments destinés aux ruminants. Bull. Techn. C.R.Z.V., INRA (70) : 49-60.
- GOHL (B.) - (1982) - Tropical Feeds. Feeds information summaries and nutritive values. Rome, Food and Agriculture Organisation of the United Nations : 333-336.
- GONZALEZ (J.), ALVIRA (P.), GONZALEZ (G.) - (1981) - Chemical and Nutritional composition and nutritive value of rice husks. Effect of grinding. in Nutrition Abstracts and Review (series B), 1982, 52 (11) : 519.
- GUERRA (M.J.), JAFFE (W.G.) - (1975) - Nutritional studies of rice bran. in Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1977, 47 (7) : 453.
- HACKER (J.B.), MINSON (D.J.) - (1981) - The digestibility of plant parts. Herbage Abstracts, 51 (9) : 459-481.
- HAMID (R.), JALALUDIN (S.) - (1987) - Effects of rice bran on production performance of laying hens offered diets with two levels of energy and protein. Proc. 10th Ann.Conf. MSAP : 307-310.
- HARRIS (L.E.), LECHE (T.F.), KEARL (L.C.), FONNEBECK (P.V.), LLOYD (H.) - (1982) - Central and southeast Asia tables of feed composition. International feedstuffs Institute Utah Agricultural experiment station. Utah State University. Logan, Utah, USA : 517 p.
- HARTADI (H.), REKSOHADIPRODJO (S.), TILLMAN (A.D.) - (1986) - Tabel komposisi pakan Untuk Indonesia. Gadjah Mada University press : 145 p.
- HENRY (N.) et FERRANDO (R.) - (1981) - La microscopie des aliments des animaux. in : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Publ. : 325-329.
- HENRY (Y.) et PEREZ (J.M.) - (1982) - Les systèmes d'évaluation de l'énergie dans l'alimentation du porc (1). Les dossiers de l'élevage, 5 (1) : 51-66.
- HENRY (Y.) et PEREZ (J.M.) - (1982) - Les systèmes d'évaluation de l'énergie dans l'alimentation du porc (2). Les dossiers de l'élevage, 5 (2) : 49-64.

- HUSSEIN (A.), KRATZER (F.H.) - (1982). Effects of rancidity on the feeding value of rice bran for chickens. poultry Sci. 61 (12) : 2450-2455.
- I.E.M.V.T. - (1983) - Manuel d'aviculture en zone tropicale, 2e edition. Maisons-Alfort, Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux : 186 p.
- I.N.R.A. - (1978) - Alimentation des ruminants. Ed. INRA Publications : 518 p.
- I.N.R.A. - (1984) - L'alimentation des animaux monogastriques, porcs, lapins, volailles. Versailles, Ed. I.N.R.A. Publ.: 286 p.
- I.N.R.A. - (1988) - Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA Publications : 471 p.
- JANSSEN (W.M.M.A.) - (1988) - European table of energy values for poultry feedstuffs. Grafischbedrijf Ponson & Looijen bv Wageningen, 2nd edition : 1-13.
- JANSSEN (W.M.M.A.), CARRE (B.) - (1985) - Influence of fibre on digestibility of poultry feeds. in Recent advances in animal nutrition, 1985. HARESIGN (W.), COLE, d.j.n. Eds, series : Studies in the agricultural and food sciences, 71-86. 19th Nutrition Conference for feed manufacturers, 6-8 janvier 1985, houghtorough (GBR). Butterworth, Londres (GBR) : 72-86.
- JARRIGE (R.) - (1978) - Digestion in : Alimentation des ruminants. Ed INRA Publications : 1-45.
- JARRIGE (R.), JOURNET (M.) et VERITE (R.) - (1978) - Azote. in : Alimentation des ruminants. Ed. INRA publications : 98-128.
- JOSHI (D.C.), KHAN (M.Y.) - (1983-B) - Grounds rice hush as a roughage substitute in ration cattle. Indian Journal of Anim. Sci. 53 (6) : 645-647.
- JOSHI (D.C.), KHAN (M.Y.) - (1984) - Utilisation of ground rice husk enriched with urea and molasses as cattle feed. Indian veterinary journal, 60 (2) : 158-162.
- KRATZER (F.H.), LESLIEEARL and CHARNOIT (C.) - (1974). Factors influencing the feeding value of rice bran for chickens. Poultry Sci. 53 (5) : 1795-1800.
- LECLERCQ (B.) - (1985)- Mesure et prédiction de la valeur énergétique : Intérêt, signification, limites. Comptes- rendus de la conférence avicole WPSA - SIMAVIA - 18 octobre 1985. Cahier I : valeur énergétique et qualité des aliments. 1-12. Groupe français de la WPSA (FRA).

- LHOSTE (Ph.), PIERSON (J.), GINISTY (L.), (1975). Essai d'en graissement de boeufs Zébus à partir des farines basses de riz du Nord-Cameroun. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 28 (2) : 217-223.
- LINDEMANN (H.D.), BROOKS (C.C.), KORNEGAY (E.T.) - Evaluation of rice bran for growing-finishing pigs. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B) : 843.
- MAHATAB (S.N.) - (1985) - Variability in chemical composition of rice bran. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1986, 56 (3) : 141.
- MAHMOUD (S.), SZELENYI (H.), JEESAI (J.) - 1984 - Rice hulls in the nutrition of ruminants. 2. Utilisation of rice hulls by lambs. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1986, 56 (10) : 608.
- MAJUN (G.K.), PAYNE (C.G.) - (1977) - Autoclave rice bran in layers diets. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1977, 47 (11) : 833.
- MONGODIN (B.), LOBRY (J.C.), SERGENT (Y.) - (1979) - Produits et sous-produits agro-industriels pour l'alimentation animale à Madagascar. Rapport n.28. IEMVT.
- MORAN (J.B.) - (1983-A) - Rice bran as a supplement to elephant grass for cattle and buffalo in Indonesia. I. Feed intake, utilisation and growth rates. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1983, 53 (8) : 545.
- MORAN (J.B.) - (1983-B) - Rice bran as a supplement to elephant grass for cattle and buffalo in Indonesia 2. Carcass development, energy accretion and its effect on feed efficiency. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1985, 53 (8) : 545.
- MORAND-FEHR (P.) - (1981) - Les lipides dans les aliments concentrés pour les ruminants. in : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Publ. : 297-305.
- OANH (B.K.) - (1983) - Utilisation of by-products from rice processing in rabbit feed. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1984, 54 (10) : 554.
- PALIPANE (K.B.), SWARNASIRI (C.D.P.) - (1985) - Composition of raw and parboiled rice bran from common Srilanka varieties and from different types of rice mills. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1985, 55 (12) : 697.

- PEREZ (P.), TZETANOV (I.), LAMAZARE (E.) - (1982) - Metabolizable energy and apparent dry matter retention in diets with filter cake-mud oil and rice polishing for broilers. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1983, 53 (6) : 429.
- PICARD (H.), BOURDON (D.), LE DIVIDICH (J.) - (1985) - Methodes of estimating digestibility and metabolism of crop residues and agroindustrial by-products in monogastric species in developing countries. in : Better utilisation of crop residues and by-products in animal feeding : research guidelines. 1.State of knowledge (Editors : Preston (T.R.), Kossica (V.L.), Goodwin (J.) and Reed (S.). FAO Animal production and Health paper, n.50 : 163-184.
- PICCIONI (M.) - 1965 - Dictionnaire des aliments pour les animaux. Traduction de la 3e édition italienne. Edagricole : 247-254.
- PILIANG (W.G.), BIRD (H.R.), SUNDE (M.L.), PRINGLE (D.J.) - (1982) - Rice bran as the major energy source for laying hens. Poultry science, 61 (2) : 357-363.
- PILIANG (W.G.), BIRD (H.R.), SUNDE (H.L.), PRINGLE (D.J.) - (1984) - Rice bran as the major energy source of laying hens. in : Nutrition and Abstracts Reviews (series B) - 1984, 54 (11) : 617.
- PRAWIROKUSUHO (S.), KIENHOLZ (E.W.), BRAY (D.J.) - (1977) - The limiting amino-acids for chicks in a rice bran diet. Poultry science, 56 (5) : 17-49.
- PROLABO - (1967) - Calorimètre adiabatique Prolabo à régulateur automatique différentiel : 7 p.
- PROTECTOR (C.E.F.) - (1980) - Tables de composition des matières premières destinées à l'alimentation animale. Aliments PROTECTOR S.A., Bruxelles (Belgique) : 84 p.
- RAO (P.K.), PLASAD (D.A.) - (1980) - Economic rations based on rice by-products for growing large white Yorkshire pigs. Indian Journal of Animal Sciences, 50 (1) : 63-67.
- RAO (E.P.), REDDY (C.V.) - (1986) - Evaluation of chemical and nutrient composition in raw, de oiled and parboiled rice polishing rice polishing and maize. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1986, 56 (12) : 799.
- RIVIERE (R.), GAULIER (R.) - (1970) - Les sons et les issues de riz dans l'alimentation du bétail à Madagascar. IEMVT, Région de recherches de Madagascar : 82 p.

- ROBLES (A.), EWAN (R.C.) - (1982) - Utilisation of energy of rice and rice bran by young pigs. *Journal of Animal Science*, 55 (3) : 572-577.
- SANZ (M.), ELIAS (A.) - (1978) - Storage period of rice polishing and its use in broiler diets. in : *Nutrition Abstracts and Reviews (series B)*, 1979, 49 (12) : 492.
- SAUVANT (D.) - (1981) - Prévision de la valeur énergétique des aliments concentrés et composés pour les ruminants. in : *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. INRA Publ. : 237-258.
- SAUVANT (D.), AUFRERE (J.), MICHALET-DOREAU (B.), GIGER (S.) et CHAPOUTOT (P.) - (1987) - Valeur nutritive des aliments concentrés simples : tables et prévisions. *Bull Techn. C.R.Z.V. Theix*. INRA (70) : 75-89.
- SAYRE (R.N.), EARL (L.), KRATZER (F.H.) and SAUNDERS (S.R.M.) - (1987) - Nutritional qualities of stabilized and Raw rice bran for chicks. *Poultry science*, 66 (5) : 493-499.
- SAXENA (K.L.), CHAKRABARTI (C.D.), NATH (M.C.) - (1968) - Amino acid composition of rice polishing concentrate. *Rice polishing and casein*. *J. Nat. and Diet.*, 5 : 121-124.
- SIBBALD (I.R.) - (1980) - The effects of dietary cellulose and sand on the combined metabolic plus endogenous energy and amino acid outputs of adult cockerels. *Poultry Sci.*, 59 (4) : 836-844.
- SIDHOM (E.I.), SHEHATA (E.T.), MOHASSEB (Z.S.) - (1975) - The influence of certain heat and chemical treatments upon the formation of free fatty acids during storage of rice bran. in : *Nutrition Abstracts and Reviews (series B)*, 1977, 47 (9) : 608.
- SINGH (G.P.), GUPTA (B.N.) - (1985) - Fibre digestibility and molar proportions of VFA'S in animals fed Askali treated rice husk. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 2 (3) : 105-108.
- SINGH (G.P.), GUPTA (B.N.) - (1985) - Chemical composition in vitro digestibility and dry matter disappearance from nylon bags as affected by soaking of rice husk in sodium hydroxide solution and washing. in : *Nutrition Abstracts and Reviews (series B)*, 1987, 57 (1) : 3.
- SINGH (G.P.), GUPTA (B.N.) - (1986) - Effect of feeding alkali treated rice husk and urea on dry-matter consumption, growth and body composition in crossbred calves. *Indian journal of Animal Sciences*, 56 (7) : 810-813.

- SINGH (G.P.), GUPTA (B.N.) - (1987) - Digestibility and nutrient utilisation efficiency in crossbred calves as influenced by feeding alkali-treated rice husk with or without urea. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 3 (3) : 184-190.
- SINGH (K.S.), DEOLAKAR (R.), TOHAR (A.), SAHU (S.) - (1987) - Calcium nutrition of chickens fed diets based on rice bran. *Proc. 10th Ann. Conf. MSAP* : 298-301.
- SRICHAH (Y.), BALNAVE (D.) - (1981) - Egg weight responses to dietary supplementation with sunflower oil and rice pollard. *Australian Journal of Agricultural Research*, 32 (1) : 183-188.
- TANGENDJAYA (B.), LOWRY (J.B.) - (1987) - Rice bran utilisations a method for estimating hull content. In quality in livestock production. *Proceeding of the Ninth Annual Conference of the Malaysian Society of Animal production. Université Portanian Malaysia. March 11.12.1985 (edited by Sivarajasangan, S. ; Hutajaling, R.J., Hamid, K.J. Serdang Malaysia. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1988, 58 (3) : 141.*
- THIVEND (P.) - (1981) - Les constituants glucidiques des aliments concentrés et sous-produits. in : *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Publ. : 219-236.*
- TUAH (A.K.), BOATENG (S.A.) - (1986) - The effects of rice mill feed (rice bran) in the finishing diets on the growth performance and carcass quality of pigs fed basal maize diets. in : *Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1983, 53 (1) : 72.*
- VERITE (R.) et SAUVANT (D.) - (1981) - Prévision de la valeur azotée des aliments concentrés pour les ruminants. in : *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Publ. : 279-296.*
- VERITE (R.) et PEYRAUD (J.L.) - (1988) - Nutrition azotée. in : *Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA Publ. : 75-93.*
- VERMOREL (M.), COULON (J.B.) et LE JOURNET (M.) - (1987) - Révision du système des unités fourragères (UF). *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA (70) : 9-10.*
- VERMOREL (M.) - (1988) - Nutrition énergétique. in : *Alimentation des bovins, ovins, caprins. INRA Publ. : 57-71.*
- WALDROUP (P.W.) - (1982) - Determination the nutritive value of new improved ingredients. *Feedstuffs*, 54 (42) : 38--43.

- ZEBROWSKA (T.) - (1978)- Determination of available amino acids in feedstuffs for monogastrics. Feedstuffs, 50 (53) : 16-17 ; 43-44.
- ZOMBADE (S.S.), LODHI (G.N.), ICHHPONANI (J.S.) - (1977) - A note on reassessment of metabolisable energy content of rice bran for poultry. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1977, 53 (12) : 865.
- ZOMBADE (S.S.), LODHI (G.N.), ICHHPONANI (J.S.) - (1982) - Note on the evaluation of nutrient composition in raw and par-boiled rice bran. in : Nutrition Abstracts and Reviews (series B), 1983, 53 (3) : 195.

ANNEXES



Annexe 1 : The poultry method : the ME route of a sample S (knowing X is the "goal concentration" : i.e. acceptable by poultry in the feed)

1.- OFFICE : Identification - origin and characteristics - Timing and Protocole

2.- LABORATORY :
Test diets

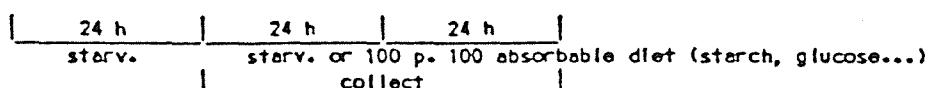
Number	S	B
1	0	1
2	x/2	1-x/2
3	x	1-x
4	2x	1-2x
5°	1	0

* only if force feeding

1. Homogenisation of sample S
2. Preparation of a Basal mix (B) i.e. = pure maize
3. Assays on S and B :
 - determination of Drymatter (2 rep.) - nitrogen (3 rep) - Gros Energy (5 rep)
 - preparation of the quantiles to be introduced in the test diets
 - mixing of the test diets and weighings of the feed to be distributed to each bird
 - ALL THE WEIGHINGS MUST BE DONE AT THE SAME TIME
4. Gross energy of the diets will be calculated from measured values for S and B
Controls of the diets may be performed for humidity, N and Gross Energy and if a consistent difference appears, test diets must be re-manufactured.

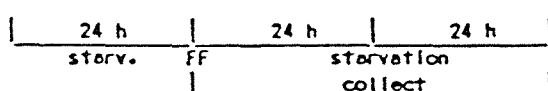
3.- CAGES : 6 adult cockerels per group (minimum)

- 1 group for endogenous loss measurement :

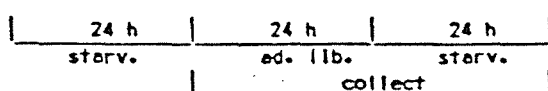


- 4 to 5 groups for test diets 1 to 4 or 5

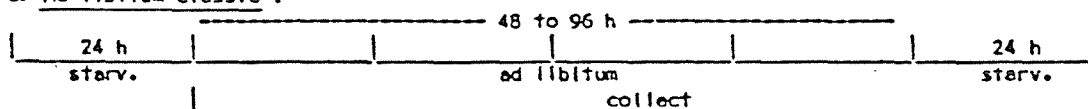
a) Force feeding : 50 g/bird



b) Ad libitum rapid :



c) Ad libitum classic :



- Control of - spillage in the plates
- humidity of the feed
- food intake] for b) and c), daily
- Collect of faeces - twice daily per bird during the collection period. storage + 4°C or - 18°C
- immediate transmission to the lab. at the end of the test.

4.- LABORATORY

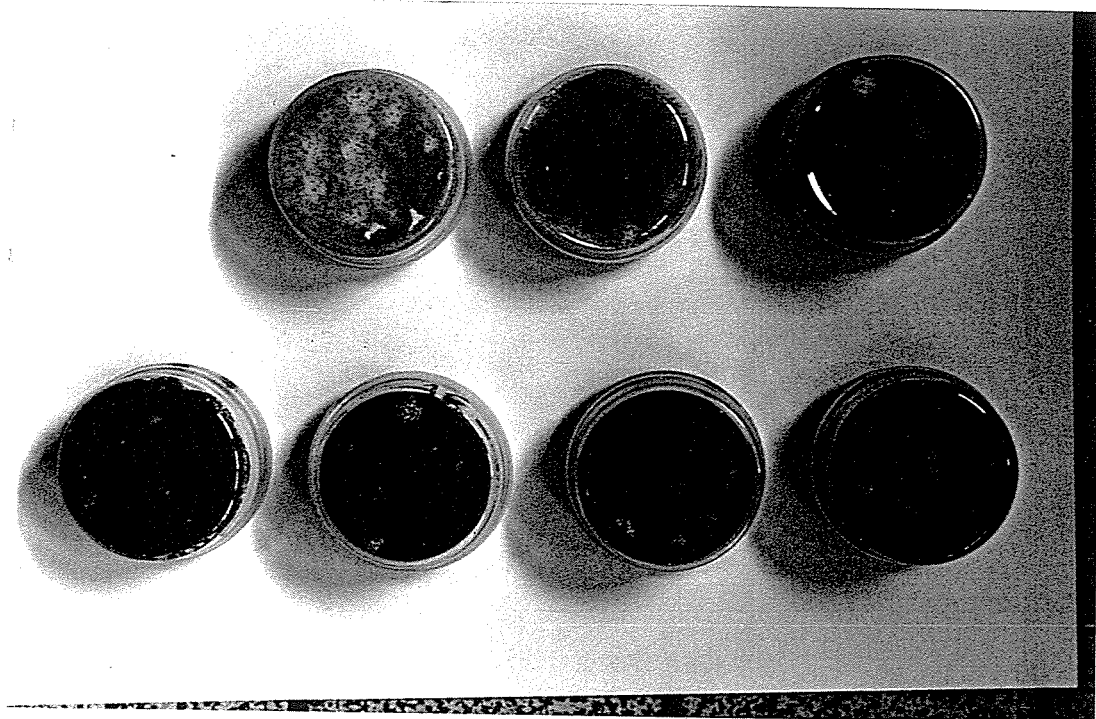
- Weighing of the feces - immediate homogenisation and pooling per groups of 3 birds (mixer)
- On each rep. (2 rep of 3 birds per treatment) sampling of 100 g - deep freezing. - 20°C
THIS MUST BE DONE WITHOUT DELAY
- Freeze drying - weighing - control of the dry matter of the homogenised sample. Storage in sealed flask - 20°C.
- Determination of the dry matter (2 rep.) - Nitrogen before and after uric acid elimination (2 rep.) and gross energy (2 rep.) for each sample (weighing at the same moment for the 3 determinations).

5.- OFFICE

- Calculations of AME, AME_n and TME by direct approach on each diet or by regression analysis to 100 p. 100 - comparison of the results and discussion. Conclusion.



Annexe 2 : Estimation du taux de balles par la méthode colorimétrique
(TANGENDJAYA - 1987)



Gamme d'échantillonnage : 5, 10, 20, 30, 40, 50 et 60 p.100 de balles



Résultats obtenus avec la méthode colorimétrique

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

ABREVIATIONS

A	Amidon
A.A.	Acides aminés
A.D.F.	Acid detergent fibre
A.D.L.	Acid detergent lignin
A.F.N.O.R.	Association française de Normalisation
Ca	Calcium
C.B.	Cellulose brute
C.B.S.	Cellulose brute de Sharrer
C.B.W.	Cellulose brute de Weende
C.E.E.M.A.T.	Centre d'Etudes et d'Expérimentation sur le Machinisme agricole
C.I.R.A.D.	Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement
C.U.D.	Coefficient d'utilisation digestible
deg enz MO	Dégradabilité enzymatique de la matière organique
D.M.O.	Digestibilité de la matière organique
d.r.	Digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle
D.T.	Dégradabilité théorique des matières azotées dans le rumen
E.B.	Energie brute
E.D.	Energie digestible
E.D.T.A.	Ethylène diaminetétracétate
E.M.	Energie métabolisable
E.M.A.	Energie métabolisable apparente
E.M.A.n	Energie métabolisable apparente corrigée par la rétention azotée
E.M.V.	Energie métabolisable vraie
E.N.	Energie nette
E.N.A.	Extractif non azoté
E.T.R.	Ecart type résiduel
F.A.O.	Food and Agricultural Organization
I.E.M.V.T.	Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux
I.N.A. P.G.	Institut National Agronomique Paris-Grignon
I.N.R.A.	Institut National de la Recherche Agronomique
M.A.D.	Matières azotées digestibles
M.A.T.	Matières azotées totales
M.G.	Matières grasses
Mj	Mega joule
M.O.	Matières organiques
M.O.F.	Matières organiques fermentescibles de l'aliment
M.S.	Matières sèches
N.D.F.	Neutral detergent fibre

P.A.R.	Parois végétales insolubles dans l'eau
P.B.	Protéines brutes
P.D.I.	Protéines digestibles dans l'intestin
P.D.I.A.	Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire
P.D.I.M.	Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne
S	Solubilité
S	Sucre
U.F.L.	Unité fourragère Lait
U.F.V.	Unité fourragère Viande



